



*Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos.*



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

POLÍTICAS URBANAS ADAPTADAS A LA IMPLANTACIÓN DE LOS VEHÍCULOS AUTÓNOMOS

Trabajo realizado por:

Antonio Jesús Milla Torres

Dirigido:

Soledad Nogués Linares

Esther González González

Titulación:

***Máster Universitario en Ingenier
de Caminos, Canales y Puertos***

Santander, Julio de 2021

TRABAJO FIN DE MÁSTER

POLÍTICAS URBANAS ADAPTADAS A LA IMPLANTACIÓN DE LOS VEHÍCULOS AUTÓNOMOS

Autor: Antonio Jesús Milla Torres

Directores: Soledad Nogués Linares y Esther González González.

Convocatoria: Julio 2021.

Titulación: Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

Palabras Clave: Vehículos autónomos, planificación urbana, Santander.

RESUMEN

En los últimos años se está produciendo la automatización progresiva de los vehículos y se espera que, en un horizonte temporal próximo (entre 2030 y 2050) se pueda observar la implantación en nuestras calles y territorios de vehículos completamente autónomos, es decir, sin conductor. A pesar de las enormes y diversas consecuencias que puede traer consigo, de momento, los principales países no están previendo esta incorporación en sus planificaciones urbanas y territoriales. En este contexto, el objetivo principal de este trabajo es conocer y evaluar la situación actual en cuanto al grado de planificación urbana para la llegada de los vehículos autónomos en diferentes países y analizar los diversos impactos que puedan provocar, así como estudiar el caso concreto del municipio de Santander para identificar las políticas urbanas a aplicar a través de la revisión de medidas propuestas en otras regiones, como Turín (Italia) o en la planificación de movilidad de Estados Unidos y, con ello, mejorar la estructura urbana de Santander.

En primer lugar, se ha realizado un estudio de la literatura científica relativa a los posibles impactos derivados de la implementación de los vehículos autónomos en las ciudades, como puede ser su afección en el sistema de transporte, la movilidad, la economía, el medio ambiente, la seguridad y, especialmente, aquellos impactos que afectan a la estructura urbana. En general, se espera que los vehículos autónomos conlleven una modificación del espacio urbano, análogamente a la que supuso años atrás el vehículo privado. Gracias a esta nueva tecnología, la flota de vehículos descenderá enormemente, siempre y cuando el vehículo autónomo sea compartido. Con esta reducción, el espacio vial sería devuelto al ciudadano, pudiendo ampliarse las zonas verdes en las ciudades y mejorando la calidad de vida en las mismas. Sin embargo, si la incorporación de los vehículos autónomos al sistema vial se realiza principalmente como un sistema de uso privado, la flota de vehículos puede verse aumentada, provocando la saturación del sistema. A su vez, el tiempo durante el trayecto puede aprovecharse para realizar otras tareas, con el consecuente aumento de viajes y distancias por la pérdida de valor del tiempo, lo que conllevaría a la ocupación de suelo cada vez más lejano, es decir a mayor dispersión.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

Dada esta diversidad de impactos, la regulación del uso de los VA, así como la definición de los objetivos de planificación para alcanzar ciudades deseables, habitables y atractivas va a ser fundamental. Para ello se ha investigado el estado de la planificación urbana, tanto internacional como estatal, revisando especialmente qué medidas en materia de políticas urbanas se están introduciendo sobre la inclusión de los vehículos autónomos en las ciudades. Se ha comprobado que, en Europa, los órganos competentes en materia de planificación aún no han comenzado a desarrollar políticas urbanas para la implantación de los vehículos autónomos, mientras que en Estados Unidos se han comenzado a mencionar en los planes de movilidad ciertos impactos positivos derivados de la inclusión de estos en el espacio urbano.



Vehículos autónomos en circulación. Fuente: azcentral.com (2021)

En cuanto a la literatura científica, se han encontrado pocos estudios sobre cómo introducir políticas urbanas en la planificación. Entre los aplicados a una ciudad concreta, destacan los desarrollados para Turín (Italia), en los que se han planteado paquetes de políticas a implementar en los futuros Planes de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS) (Vitale Brovarone, Scudellari, & Staricco, 2021).

Una vez revisada la parte teórica y conceptual, se ha procedido a aplicar y evaluar una serie de políticas urbanas para el caso concreto del municipio de Santander, Smart City de tamaño medio, dispuesta a la integración de nuevas tecnologías, como los vehículos autónomos, cuyo Plan General de Ordenación Urbana se encuentra en proceso de revisión en la actualidad. Como consecuencia del proceso de análisis llevado a cabo, se ha establecido una serie de objetivos para favorecer la implantación de los vehículos autónomos en Santander, que son:

- Peatonalización de las zonas con un mayor número de equipamientos y comercios
- Modificación de la red vial (p.ej.: modificación en las velocidades, reducción de número de carriles, etc.)
- Creación de espacios verdes

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

Para estudiar el impacto de estas actuaciones se estiman una serie de indicadores propuestos por el Ministerio de Fomento en el año 2010 recogidos en el documento “Sistema Municipal de Indicadores de Sostenibilidad”, junto con otros indicadores representativos para el estudio de la accesibilidad, tanto para la situación actual del municipio, como para la situación una vez aplicadas las políticas urbanas definidas. Los indicadores principales escogidos para este estudio son:

- Índice de espacio urbano dedicado para peatones
- Densidad de zonas verdes por habitantes
- Equipamientos accesibles desde cada distrito
- Accesibilidad a los principales equipamientos del municipio (hospitales, universidades, colegios públicos y centros de salud)
- Elección de aparcamientos disuasorios

Tras aplicar las políticas urbanas descritas, el municipio de Santander consigue una mejora considerable en cuanto a su distribución del espacio público, aumentando en un 73,5% la densidad de espacios verdes por habitantes, alcanzando una densidad de 14,4 m²/habitante, junto con una ampliación de más de 1.000.000 de m². En cuanto a la peatonalización, el impacto principal que supone para el Distrito 1, correspondiente al centro urbano de Santander, es que más del 65% del espacio urbano del propio distrito queda definido como infraestructura para el peatón, lo que implica un crecimiento del 15% con respecto a la situación actual, más acorde con los valores recomendados. Además, los resultados revelan que la accesibilidad a los equipamientos apenas se ve reducida por las modificaciones de la red vial, por lo que la implementación de los vehículos autónomos y la modificación de dicha red se considera compatible y que no penaliza al usuario.



Distribución final de las zonas verdes en Santander. Fuente: Elaboración propia a partir de Santander Datos Abiertos (2013)

A la luz de los resultados obtenidos, es posible demostrar cómo la entrada del vehículo autónomo a un municipio del tamaño de Santander proporciona una gran variedad de

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

ventajas, sobre todo para el peatón, ya que devuelve el espacio público tomado por los vehículos para su ocio y disfrute. La entrada de este modo de transporte en la ciudad permite reducir la superficie ocupada para el estacionamiento de vehículos, posibilitando la revegetación de la ciudad mediante la creación de grandes zonas y corredores verdes.

De esta forma, queda comprobado cómo la introducción de los vehículos autónomos puede suponer un importante cambio en nuestras ciudades. Para que sea lo más positivo posible, las ciudades deberán ir adaptándose paulatinamente, guiando el proceso mediante el planeamiento urbano y de movilidad como herramienta principal, según aseveran varios autores. Sin embargo, durante la redacción del presente documento, se ha comprobado que en la literatura científica se ha desarrollado gran cantidad de contenido sobre los impactos positivos y negativos que puede tener los vehículos autónomos en las ciudades, pero apenas sobre las políticas urbanas a aplicar. Es por ello por lo que, una vez estudiado los impactos que generan, se cree conveniente que la comunidad científica focalice la investigación en las políticas urbanas a aplicar para la inclusión de este modo de transporte, con el fin de proporcionar conocimiento suficiente que sea de utilidad para que los planificadores y decisores políticos comiencen ya a preparar nuestras ciudades y territorios.

REFERENCIAS PRINCIPALES DEL TRABAJO

- Ayuntamiento de Santander. (2010). *Plan de Movilidad Sostenible de Santander*. Santander: Ayuntamiento de Santander.
- Ayuntamiento de Santander. (2012). *Memoria Informativa del Plan General de Ordenación Urbana de Santander*. Santander: Ayuntamiento de Santander.
- Fagnant, D. J., & Kockelman, K. (2015). Preparing a nation for autonomous vehicles: opportunities, barriers and policy recommendations. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 77, 167-181. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.04.003>
- Gonzalez-Gonzalez, E., Nogués, S., & Stead, D. (2018). Automated vehicles and the city of tomorrow: A backcasting approach. *Cities*, 94, 153-160. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.05.034>
- González-González, E., Nogués, S., & Stead, D. (2020). Parking futures: Preparing European cities for the advent of automated vehicles. *Land Use Policy*, 91, 104010. doi:<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.05.029>
- Heinrichs, D. (2016). Autonomous Driving and Urban Land Use. *Autonomous Driving*, 213-231. doi:10.1007/978-3-662-48847-8_11
- Legacy, C., Ashmore, D., Scheurer, J., Stone, J., & Curtis, C. (2018). Planning the driverless city. *Transport Reviews*, 84-102. doi:10.1080/01441647.2018.146683
- Milakis, D., Van Arem, B., & Van Wee, B. (2017). Policy and society related implications of automated driving: A review of literature and directions for future research. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 324-348. doi:<https://doi.org/10.1080/15472450.2017.1291351>
- Nogués, S., González-González, E., & Cordera, R. (2020). New urban planning challenges under emerging autonomous mobility: evaluating backcasting scenarios and policies through an expert survey. *Land use Policy*, 95, 104652. doi:10.1016/j.landusepol.2020.104652
- Vitale Brovarone, E., Scudellari, J., & Staricco, L. (2021). Planning the transition to autonomous driving: A policy pathway towards urban liveability. *Cities*, 102996. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102996>

URBAN POLICIES ADAPTED TO THE IMPLEMENTATION OF AUTONOMOUS VEHICLES

Author: Antonio Jesús Milla Torres

Supervisors: Soledad Nogués Linares and Esther González González.

Date: July 2021.

Academic title: Master's Degree in Civil Engineering

Key words: Autonomous vehicles, urban planning, Santander.

ABSTRACT

In recent years, the progressive automation of vehicles has been taking place and it is expected that in the near future (between 2030 and 2050) we will see the implementation of fully autonomous, i.e. driverless, vehicles on our streets and territories. Despite the enormous and diverse consequences that this may bring, for the time being, the main countries are not foreseeing this incorporation in their urban and territorial planning. In this context, the main objective of this work is to know and evaluate the current situation regarding the degree of urban planning for the arrival of autonomous vehicles in different countries and to analyze the various impacts they may cause, as well as to study the specific case of the municipality of Santander to identify the urban policies to be applied through the review of measures proposed in other regions, such as Turin (Italy) or in the mobility planning of the United States and, thereby, improve the urban structure of Santander.

Firstly, a study of the scientific literature on the possible impacts derived from the implementation of autonomous vehicles in cities, such as their effect on the transportation system, mobility, the economy, the environment, safety and, especially, those impacts that affect the urban structure, has been carried out. In general, it is expected that autonomous vehicles will lead to a modification of the urban space, similar to what the automobile did years ago. Thanks to this new technology, the vehicle fleet will be greatly reduced, as long as the autonomous vehicles are shared. With this reduction, road space would be returned to the citizen, allowing green areas in cities to be expanded and improving the quality of life in cities. However, if private autonomous vehicles are massively incorporated into the road system, the vehicle fleet may be increased, leading to saturation of the system. In turn, journey time may be used for tasks other than driving, with the consequent increase in trips and distance travelled due to the loss of time value, which would lead to the occupation of increasingly distant land, i.e., greater sprawl.

Given this diversity of impacts, the regulation of the use of VA, as well as the definition of planning objectives to achieve desirable, liveable and attractive cities will be fundamental. To this end, the current state of urban planning, both international and national, was investigated, especially reviewing what urban policy measures are being

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

introduced regarding the inclusion of autonomous vehicles in cities. It was found that, in Europe, the competent planning bodies have not yet started to develop urban policies for the implementation of autonomous vehicles, while in the United States, mobility plans have started to mention certain positive impacts derived from the inclusion of autonomous vehicles in urban space.



Autonomous vehicles on the road. Source: azcentral.com (2021)

As for the scientific literature, few studies have been found on how to introduce urban policies in planning. Among those applied to a specific city, those developed for Turin (Italy) stand out, in which packages of policies to be implemented in future Sustainable Urban Mobility Plans (SUMP) have been proposed (Vitale Brovarone, Scudellari, & Staricco, 2021).

Once the theoretical and conceptual part has been reviewed, a series of selected urban policies has been applied and evaluated for the specific case of the municipality of Santander. Santander is a medium-sized Smart City, ready for the integration of new technologies, such as autonomous vehicles, whose Master Plan is currently under revision. As a result of the analysis process carried out, several objectives have been established to favour the implementation of autonomous vehicles in Santander, which are:

- Pedestrianisation of areas with a greater number of facilities and stores.
- Modification of the road network (e.g.: modification of speeds, reduction in the number of lanes, etc.).
- Creation of green spaces

In order to study the impact of these actions, a series of indicators proposed by the Ministry of Public Works in 2010 and included in the document "Municipal System of Sustainability Indicators", together with other representative indicators for the study of

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

accessibility, are estimated both for the current situation of the municipality and for the situation once the defined urban policies have been applied. The main indicators chosen for this study are:

- Urban space dedicated to pedestrians
- Density of green areas per inhabitant
- Facilities accessible from each district
- Accessibility to the municipality's main facilities (hospitals, universities, public schools and health centers).
- Choice of park-and-ride facilities

After implementing the urban policies described above, the municipality of Santander achieves a considerable improvement in terms of its distribution of public space, increasing the density of green spaces per inhabitant by 73.5%, reaching a density of 14.4 m²/inhabitant, together with an expansion of more than 1,000,000 m². Regarding pedestrianization, the main impact for District 1, corresponding to the urban center of Santander, is that more than 65% of the urban space of the district itself is defined as pedestrian infrastructure, which implies an increase of 15% with respect to the current situation, more in line with the recommended values. In addition, the results reveal that accessibility to facilities is hardly reduced by the modifications to the road network, so that the implementation of autonomous vehicles and the modification of this network is considered compatible and does not penalise the user.



Final allocation of green areas in Santander. Source: Own elaboration based on data from Santander Datos Abiertos (2013)

In the light of the results obtained, it is possible to demonstrate how the entry of the autonomous vehicle into a middle-sized city such as Santander provides a wide range of

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

advantages, especially for pedestrians, since it restores the public space taken by vehicles for citizen leisure and enjoyment. The implementation of this new mode of transport into the city makes it possible to reduce the surface area occupied for vehicle parking, enabling the revegetation of the city through the creation of large green areas.

In this way, it is clear that the introduction of autonomous vehicles can bring about a major change in our cities. To be as successful as possible, cities will have to adapt gradually, guiding the process by urban and mobility planning as the main tool, according to several authors. However, during the development of this dissertation, it has been found that a great deal of content has been developed in the scientific literature on the positive and negative impacts that autonomous vehicles can have in cities, but hardly on the urban policies to be applied. For this reason, once the impacts generated by autonomous vehicles have been studied, the scientific community should focus its research on the urban policies to be applied for the inclusion of this mode of transport, in order to provide sufficient knowledge that will be useful for planners and decision-makers to start preparing our cities and regions.

MAIN REFERENCES

- Ayuntamiento de Santander. (2010). *Plan de Movilidad Sostenible de Santander*. Santander: Ayuntamiento de Santander.
- Ayuntamiento de Santander. (2012). *Memoria Informativa del Plan General de Ordenación Urbana de Santander*. Santander: Ayuntamiento de Santander.
- Fagnant, D. J., & Kockelman, K. (2015). Preparing a nation for autonomous vehicles: opportunities, barriers and policy recommendations. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 77, 167-181. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.04.003>
- Gonzalez-Gonzalez, E., Nogués, S., & Stead, D. (2018). Automated vehicles and the city of tomorrow: A backcasting approach. *Cities*, 94, 153-160. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.05.034>
- González-González, E., Nogués, S., & Stead, D. (2020). Parking futures: Preparing European cities for the advent of automated vehicles. *Land Use Policy*, 91, 104010. doi:<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.05.029>
- Heinrichs, D. (2016). Autonomous Driving and Urban Land Use. *Autonomous Driving*, 213-231. doi:[10.1007/978-3-662-48847-8_11](https://doi.org/10.1007/978-3-662-48847-8_11)
- Legacy, C., Ashmore, D., Scheurer, J., Stone, J., & Curtis, C. (2018). Planning the driverless city. *Transport Reviews*, 84-102. doi:[10.1080/01441647.2018.146683](https://doi.org/10.1080/01441647.2018.146683)
- Milakis, D., Van Arem, B., & Van Wee, B. (2017). Policy and society related implications of automated driving: A review of literature and directions for future research. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 324-348. doi:<https://doi.org/10.1080/15472450.2017.1291351>
- Nogués, S., González-González, E., & Cordera, R. (2020). New urban planning challenges under emerging autonomous mobility: evaluating backcasting scenarios and policies through an expert survey. *Land use Policy*, 95, 104652. doi:[10.1016/j.landusepol.2020.104652](https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104652)
- Vitale Brovarone, E., Scudellari, J., & Staricco, L. (2021). Planning the transition to autonomous driving: A policy pathway towards urban liveability. *Cities*, 102996. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102996>

Contenido

1	Introducción.....	1
1.1	Motivación y justificación del trabajo	1
1.2	Objetivos del trabajo	1
1.3	Metodología y estructura del trabajo	2
2	Estado del arte	4
2.1	Definición los vehículos autónomos	4
2.2	Tipología de los vehículos autónomos.....	5
2.2.1	Según su nivel de dependencia.....	5
2.2.2	Uso y características del vehículo autónomo	6
2.3	Desarrollo actual del vehículo autónomo	7
2.3.1	Penetración del vehículo autónomo en diferentes países	9
2.3.2	Vehículo autónomo en España	9
2.4	Impactos en las ciudades.....	13
2.4.1	Impactos de primer orden	14
2.4.1.1	Coste de uso del vehículo.....	14
2.4.1.2	Tiempo de viaje y capacidades de las carreteras.....	15
2.4.1.3	Demandas de viajes.....	17
2.4.2	Impactos de segundo orden	17
2.4.2.1	Usos del suelo.....	18
2.4.2.2	Dispersión urbana.....	23
2.4.2.3	Trayecto residencia-trabajo	25
2.4.3	Impactos de tercer orden.....	26
2.4.3.1	Económico.....	26
2.4.3.2	Ambiental	27
2.4.3.3	Seguridad.....	28
2.4.4	Comparativa de impactos sobre los vehículos autónomos	29
3	Políticas de planificación urbana frente a la llegada de vehículos autónomos.....	31
3.1	Propuestas de la academia	32
3.1.1	Propuestas generales.....	32
3.1.2	Propuestas de aplicación a casos concretos	36
3.2	Primeras aplicaciones internacionales, el caso de Estados Unidos.....	40
3.3	La planificación en España	46
4	Implementación de los vehículos autónomos en la ciudad de Santander.....	50
4.1	Análisis de la ciudad de Santander	51
4.1.1	Análisis territorial.....	51
4.1.2	Análisis socioeconómico	53
4.1.3	Planeamiento vigente: zonas verdes y equipamientos.....	59
4.1.3.1	Zonas verdes.....	59

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

4.1.3.2	Equipamientos	61
4.2	Análisis del transporte	63
4.2.1	Análisis del reparto modal según el PMS de Santander	63
4.2.2	Análisis de la movilidad local y comarcal	64
4.2.2.1	Red viaria para el transporte privado	64
4.2.2.2	Red viaria para el transporte público	69
4.2.2.3	Infraestructura ferroviaria	73
4.2.2.4	Infraestructura para la movilidad activa	74
4.2.2.5	Red marítima	78
4.2.3	Análisis de la movilidad nacional e internacional	79
4.2.3.1	Red ferroviaria	79
4.2.3.2	Infraestructura viaria	80
4.2.3.3	Red aeroportuaria	81
4.3	Políticas urbanas propuestas para el municipio de Santander	83
4.3.1	Peatonalización del municipio	84
4.3.2	Ampliación de las zonas verdes del municipio	86
4.3.3	Usos de los aparcamientos en el municipio de Santander	87
5	Propuesta de aplicación de las políticas elegidas	90
5.1	Índices e indicadores actuales del municipio de Santander	90
5.1.1	Índice de infraestructura para peatones	90
5.1.2	Número de dotaciones accesibles desde cada distrito	91
5.1.2.1	A pie	93
5.1.2.2	En vehículo privado	94
5.1.3	Área de influencia de las dotaciones	96
5.1.4	Densidad de zonas verdes	100
5.1.5	Grandes aparcamientos superficiales	102
5.2	Propuestas de planeamiento urbano para la implantación de los vehículos autónomos	103
5.2.1	Peatonalización y modificación de las velocidades de la red vial	103
5.2.2	Número de dotaciones accesibles desde cada distrito tras la aplicación de políticas urbanas	106
5.2.3	Área de influencia de los equipamientos	108
5.2.4	Densidad de zonas verdes	113
5.2.5	Aparcamientos disuasorios	115
6	Conclusiones	118
7	Referencias	121

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Proceso metodológico seguido para el presente documento	3
Ilustración 2. Usuario en vehículo autónomo.....	4
Ilustración 3. Niveles de Autonomía de un coche según el SAE.	6
Ilustración 4. Vehículo Autónomo de Reparto de la empresa Nuro.....	7
Ilustración 5. Sistema Autopilot del Tesla.	8
Ilustración 6. Vehículo autónomo de Waymo.....	9
Ilustración 7. Minibús autónomo	10
Ilustración 8. Impactos de los vehículos autónomos	14
Ilustración 9. Funcionamiento de Control de Crucero Adaptativo.....	15
Ilustración 10. Vehículos autónomos conectados en autopista.	16
Ilustración 11. Relación entre transporte y uso del suelo.....	18
Ilustración 12. Tranvía de Vitoria.	18
Ilustración 13. Transformación del uso del suelo al introducir los VA.....	22
Ilustración 14. Diferencias de uso de suelo entre vehículos convencionales y vehículos autónomos.	23
Ilustración 15. Diferencias entre un aparcamiento para vehículos convencionales y para vehículos autónomos.	23
Ilustración 16. Dispersión urbana en Río Rancho, Nuevo México.	24
Ilustración 17. Simulación entrada a ciudad con vehículos autónomos.	26
Ilustración 18. Pelotón de camiones autónomos.	27
Ilustración 19. Tranvía de Donostia - San Sebastián.....	31
Ilustración 20. Programación de las políticas urbanas sobre la implantación de los vehículos autónomos en el tiempo.....	34
Ilustración 21. Vehículos por cada 1000 habitantes en las principales ciudades europeas.	37
Ilustración 22. Mapa de calor de los planificadores que han incluido los vehículos autónomos en sus políticas.	42
Ilustración 23. Cambios en la infraestructura vial y en las aceras.....	46
Ilustración 24. Municipio de Santander.	50
Ilustración 25. Distritos de Santander.	52
Ilustración 26. Secciones de los distritos de Santander.....	53
Ilustración 27. Tipo de estructura demográfica según los distritos censales en 2019.	56
Ilustración 28. Zonas Verdes en Santander.	60
Ilustración 29. Ubicación de los equipamientos en Santander.	61
Ilustración 30. Jerarquía de las infraestructuras viarias en Santander.....	65
Ilustración 31. Mapa de aparcamientos superficiales y subterráneos en el municipio de Santander.	66
Ilustración 32. Zonas OLA en el municipio de Santander	68
Ilustración 33. Autobús de Transporte Urbano de Santander (TUS).	71
Ilustración 34. Zonas de estacionamiento de Guppy.....	72
Ilustración 35. Vehículo Guppy en la ciudad de Santander.	73

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

Ilustración 36. Estación de FEVE en Santander.....	74
Ilustración 37. Sendas ciclistas en el municipio de Santander	75
Ilustración 38. Ubicación de las estaciones TUSBIC en el municipio de Santander	76
Ilustración 39. Peatonalización de la calle Lealtad.	77
Ilustración 40. Peatonalización de la calle Muelle de Calderón.....	77
Ilustración 41. Ubicación del puerto de Santander junto con sus accesos.	78
Ilustración 42. Puerto deportivo de Puertochico	79
Ilustración 43. Principales ejes viarios de Santander.	80
Ilustración 44-. Puntos negros de la red vial de Santander.....	81
Ilustración 45. Ubicación del aeropuerto Seve Ballesteros-Santander.....	82
Ilustración 46. Peatonalización de la calle Juan de Herrera, Santander.	84
Ilustración 47. Zonas de estacionamiento de vehículos autónomos.....	88
Ilustración 48. Estacionamiento en zona OLA en Santander.	89
Ilustración 49. Tipología de calles recogidas en el PGOU de 2012.....	91
Ilustración 50. Velocidades de las carreteras en el municipio de Santander.....	92
Ilustración 51. Área de Servicio del Distrito 5 a pie antes de la aplicación de políticas urbanas	93
Ilustración 52. Área de Servicio del Distrito 7 a pie antes de la aplicación de políticas urbanas	94
Ilustración 53. Área de Servicio del Distrito 5 en vehículo antes de la aplicación de políticas urbanas	95
Ilustración 54. Área de Servicio del Distrito 7 en vehículo antes de la aplicación de políticas urbanas	95
Ilustración 55. Áreas de Servicio de las universidades en vehículo privado y a pie.....	97
Ilustración 56. Áreas de Servicio de los Colegios Públicos a pie y el vehículo privado.....	98
Ilustración 57. Áreas de Servicio de los Hospitales en vehículo privado y a pie.....	99
Ilustración 58. Áreas de Servicio de los Centros de Salud en vehículo privado y a pie	100
Ilustración 59. Parques y Jardines actuales	101
Ilustración 60. Aparcamientos superficiales y disuasorios propuestos en el PGOU de 2012... ..	102
Ilustración 61. Aparcamiento disuasorio de El Sardinero.	103
Ilustración 62. Secciones censales que albergan al menos 25 equipamientos	104
Ilustración 63. Red vial después de la peatonalización.	105
Ilustración 64. Accesibilidad a los equipamientos y espacios libres principales desde el Distrito 1 actual y después de la implementación de las políticas urbanas	107
Ilustración 65. Área de servicio de las universidades antes y después de la aplicación de las políticas urbanas.....	109
Ilustración 66. Área de servicio de los colegios públicos tras la aplicación de las políticas urbanas	110
Ilustración 67. Área de servicio de los hospitales tras la aplicación de las políticas urbanas ...	111
Ilustración 68. Área de servicio de los centros de salud tras la aplicación de las políticas urbanas	112
Ilustración 69. Nuevas zonas verdes creadas debido a la aplicación de las políticas urbanas. .	114
Ilustración 70. Proyecto de ampliación de estacionamiento en El Sardinero y La Marga	116
Ilustración 71. Propuesta de aparcamientos disuasorios	117

Índice de Tablas

Tabla 1. Puntuación de KMPG a las políticas y legislación de diversos países.....	12
Tabla 2. Diferentes escenarios para las ciudades del futuro.....	20
Tabla 3. Diferentes escenarios para las ciudades del futuro.....	21
Tabla 4. Número de accidentes con víctimas, fallecidos, heridos hospitalizados y heridos no hospitalizados en 2018.	28
Tabla 5. Localización de los accidentes con víctimas, fallecidos, heridos hospitalizados y heridos no hospitalizados en 2018.	28
Tabla 6. Resumen de impactos.....	29
Tabla 7. Recomendaciones normativas para la planificación urbana sobre los vehículos autónomos.	32
Tabla 8. Objetivos para las políticas urbanas de implantación de los VA.	33
Tabla 9. Escenario de políticas para los vehículos autónomos.	36
Tabla 10. Medidas y paquete de políticas para el Plan de Movilidad Urbana Sostenible de Turín (PMUS)	38
Tabla 11. Medidas políticas a adoptar en el PMUS entre el periodo 2020-2030.....	39
Tabla 12. Medidas políticas a adoptar en el PMUS entre el periodo 2030-2040.....	40
Tabla 13. Medidas políticas a adoptar en el PMUS entre el periodo 2040-2050.....	40
Tabla 14. Enumeración de estados y ciudades en la búsqueda de planes urbanísticos y de movilidad.....	42
Tabla 15. Medidas de planeamiento en los diferentes planes de movilidad y transporte en Estados Unidos.	43
Tabla 16. Áreas de actuación de los diferentes niveles administrativos.	44
Tabla 17. Indicadores de Sostenibilidad.	47
Tabla 18. Lista de municipios y número de habitantes del arco metropolitano de Santander y del área de influencia de Santander.....	51
Tabla 19. Densidad poblacional de cada distrito de Santander.	52
Tabla 20. Distribución de población según los principales grupos de edad.....	55
Tabla 21. Tasas e índices de la ciudad de Santander (2019).....	57
Tabla 22. Diferencia entre las tasas e índice de cada distrito con el del municipio (2019).....	57
Tabla 23. Distribución por sectores de las empresas de Santander en el año 2011.....	58
Tabla 24. Número de empresas según la cantidad de asalariados en el municipio de Santander en los años 2011 y 2018.....	58
Tabla 25. Listado de parques ofrecidos por Santander Datos Abiertos	60
Tabla 26. Superficie ocupada por parques y jardines en Santander, por distritos.....	60
Tabla 27. Equipamientos por distrito.	61
Tabla 28. Centros sanitarios por distritos.....	62
Tabla 29. Centros educativos por distritos.	62
Tabla 30. Reparto modal del transporte en Santander según el PMS.	63
Tabla 31. Revisión del reparto modal de Santander entre los años 2010-2013	64
Tabla 32. Aparcamientos superficiales en el municipio de Santander.....	66
Tabla 33. Líneas de autobuses urbanos de Santander.	70

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

Tabla 34. Cálculo de los diferentes índices para comprobar el impacto de la peatonalización. .	86
Tabla 35. Metros lineales, metros cuadrados e Índice de infraestructura para peatón actual de los distritos de Santander	91
Tabla 36. Número de equipamientos accesibles a 10 minutos andando desde los diferentes distritos de Santander	94
Tabla 37. Número de equipamientos accesibles a 2 minutos en vehículo desde los diferentes distritos de Santander	96
Tabla 38. Índice de densidad de zona verde por habitantes en el municipio de Santander.....	101
Tabla 39. Índice de infraestructura para peatones tras la aplicación de políticas urbanas.	105
Tabla 40. Índice de infraestructura para peatones para el Distrito 1 tras la aplicación de políticas urbanas	105
Tabla 41. Número de equipamientos accesibles a 2 minutos en vehículo desde los diferentes distritos de Santander tras la aplicación de políticas urbanas	106
Tabla 42. Diferencia en el número de equipamientos accesibles al aplicar políticas urbanas ..	106
Tabla 43. Índice de densidad de zona verde por habitante en el municipio de Santander tras la implantación de los VA.....	115

Índice de Gráficas

Gráfica 1. Variación del flujo de la carretera en función de la tasa de llegada y de la cantidad de vehículos con Control de Crucero Adaptativo-Cooperativo.	16
Gráfica 2. Población de Santander	54
Gráfica 3. Tasa de crecimiento para Cantabria y Santander durante 2020-2038.	54
Gráfica 4. Distribución de población según los principales grupos de edad para los años 2009 y 2019.....	56
Gráfica 5. Evolución del número de pasajeros del aeropuerto de Seve Ballesteros-Santander desde 2000 (en miles).....	83

1 Introducción

1.1 Motivación y justificación del trabajo

Los sistemas de transporte tienen un papel fundamental tanto en el desarrollo del ámbito local, como comarcal y regional. Es por ello por lo que las nuevas tecnologías aplicadas a la movilidad pueden afectar considerablemente al entorno urbano, cambiando las dinámicas del uso del suelo (Soteropoulos, Bergera, & Ciarib, 2019).

Con la llegada del vehículo autónomo a las ciudades para 2030-2050 (Milakis, Snelder, van Arem, van Wee, & Correia, 2017), es de vital importancia estar preparados ante este desafío, utilizando los planes urbanísticos y de movilidad como medio de regulación para este nuevo modo de transporte. El uso del vehículo autónomo compartido, junto con diferentes medidas restrictivas sobre el vehículo de combustión que se están planteando, puede llevar a la reducción de tres cuartos de la flota actual de automóviles (Fulton, Mason, & Meroux, 2017). Con ello, también se conseguiría una drástica reducción tanto en las emisiones de gases y residuos como en el número de accidentes, llegando a disminuirse en un 90% si se produce una implantación completa de los vehículos autónomos (Hawkins & Nurul Habib, 2018)

Debido a estos cambios en la movilidad, la configuración urbana actual queda obsoleta, tanto para las nuevas tecnologías que se van a implantar como para las ciudades por los cambios que aquellas van a provocar. Por ello, es prioritario anticiparse y planificar una transición específica para cada municipio, estudiando las necesidades de cada barrio y diseñando políticas urbanas para ello (Staricco, Vitale Brovarone, & Scudellari, 2020).

Los gobiernos competentes de las diferentes administraciones del Estado no han comenzado a definir las pautas necesarias para la adaptación de los municipios a los vehículos autónomos compartidos, por lo que es necesario comenzar a diseñar políticas urbanas que permitan obtener los mejores entornos ante esta nueva realidad. Por ello es conveniente estudiar casos de otros territorios donde se han empezado a diseñar ciertas medidas para la integración de este modo de transporte juntamente con la restricción del vehículo privado, como es el caso de Turín en Italia (Vitale Brovarone, Scudellari, & Staricco, 2021). Para ello, tomando como caso de estudio el municipio de Santander, se va a plantear qué políticas urbanas son necesarias para comenzar a introducir el vehículo autónomo compartido.

1.2 Objetivos del trabajo

Debido a que la incorporación de los vehículos autónomos al sistema vial está relativamente próxima, este documento pretende marcar una serie de pautas genéricas que puedan ser aplicadas a diferentes escenarios, siendo en este caso el municipio de Santander el escenario principal. Para ello, se han marcado una serie de objetivos a cumplir en la realización de este estudio, como son:

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

- Conocer y evaluar la situación actual en cuanto al grado de planificación y preparación para la llegada de los vehículos autónomos compartidos en España y en diferentes países.
- Analizar los impactos de diferente orden que se prevé que los vehículos autónomos, especialmente compartidos, tengan sobre el transporte y la forma urbana: cambios en el tiempo de viaje, las capacidades de las infraestructuras, los costes asociados al uso del vehículo, demanda de viajes, los usos del suelo, la dispersión urbana, etc.
- Identificar las políticas urbanas a aplicar para el caso de Santander a través de la revisión de políticas urbanas propuestas en los planes urbanísticos y movilidad de otras regiones, como Turín (Italia) o diferentes estados de Estados Unidos.
- Analizar el municipio de Santander para comprender las limitaciones y deficiencias para el entorno urbano del territorio y definir una serie de políticas urbanas que se adapten a estas necesidades.
- Mejorar la estructura urbana de Santander como consecuencia de la implementación de los vehículos autónomos, consiguiendo un municipio con mayor compacidad y más sostenible, junto con una mejora en la calidad de vida del ciudadano debido al fomento de la movilidad activa.

1.3 Metodología y estructura del trabajo

El presente documento se ha redactado fruto de la motivación por comprender cómo un nuevo modo de transporte autónomo puede implantarse en el sistema vial actual, y qué impactos genera en el mismo, así como el estado actual sobre la inclusión de los vehículos autónomos en materia de planificación. Estos impactos, tanto positivos o negativos, se estudiarán para la aplicación a un caso concreto como es el municipio de Santander, con el fin de valorar qué perjuicios y beneficios tendrá la entrada de este modo de transporte en la ciudad.

Para ello, se ha realizado en primer lugar una revisión bibliográfica de la literatura científica sobre los impactos que pueden generar los vehículos autónomos, en especial en el espacio urbano. En segundo lugar, se ha analizado el estado actual de la implantación en las ciudades, no solo en España, sino también internacionalmente, así como diferentes ejemplos de planificación urbana para la introducción de estos vehículos.

Una vez analizado en la literatura científica y en la planificación urbana y de movilidad de otros países para obtener criterios de planificación, se ha procedido a buscar una serie de indicadores de sostenibilidad para poder analizar dichos criterios. Estos indicadores se han obtenido del documento “Sistema Municipal de Indicadores de Sostenibilidad” (Ministerio de Fomento, 2010). A su vez, se ha planteado unos indicadores para analizar la accesibilidad a los principales equipamientos del municipio. Tras definir los indicadores deseados para el análisis de las políticas urbanas a aplicar, se ha planteado una metodología basada en un análisis comparativo entre el estado actual del municipio de Santander y un estado final tras la implementación de las políticas urbanas. Este análisis se ha realizado mediante el software SIG (Sistemas de Información Geográfica) ArcGis, permitiendo obtener los resultados de manera numérica y gráfica.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

Una vez obtenido los indicadores del estado actual y tras la implementación de los vehículos autónomos, se ha puesto en valor los resultados obtenidos para extraer unas conclusiones.

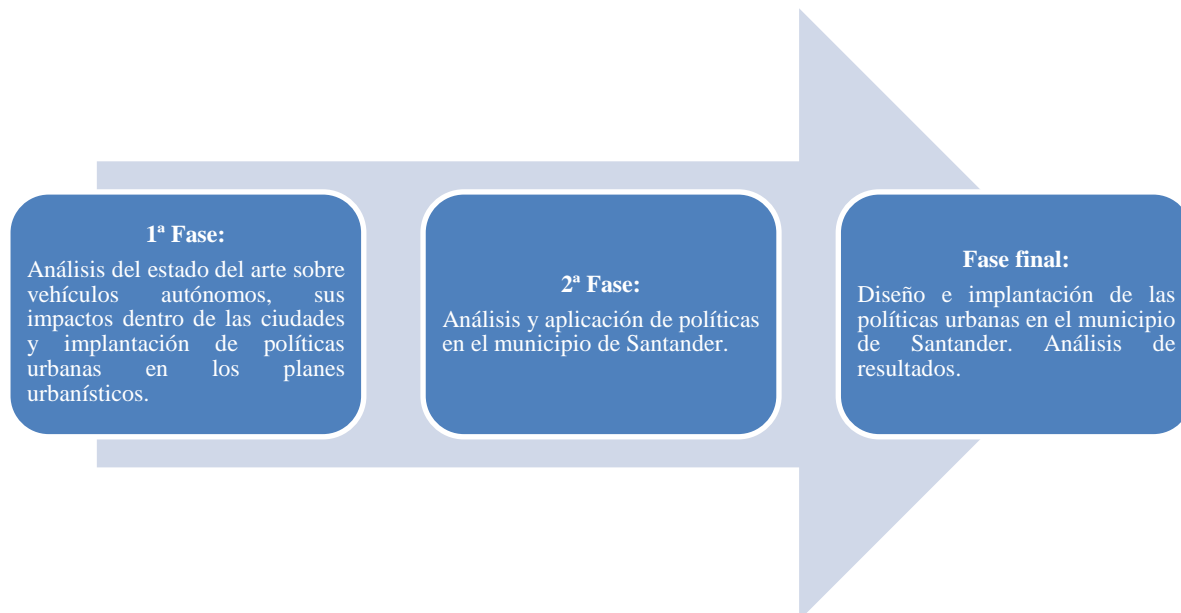


Ilustración 1. Proceso metodológico seguido para el presente documento

Fuente: Elaboración propia

En relación con ello se estructura el documento, que se ha dividido en tres partes principales:

- En la primera fase del documento, capítulos 1, 2 y 3 se analiza qué son los vehículos autónomos, los impactos que puede causar el vehículo autónomo durante su implantación y su posterior uso, siendo los más relevantes para el estudio aquellos que influyen en el uso del suelo urbano. Con ello, se ha estudiado qué políticas urbanas se han implementado en diferentes países como Italia y Estados Unidos con el fin de poder trasladar las más interesantes para el caso de Santander.
- Posteriormente, en la segunda fase del documento, capítulos 4 se analiza el caso de Santander con el fin de encontrar las necesidades y potencialidades que tiene el municipio
- Con ello, en la fase final del documento (capítulo 5 y 6) se diseñan una serie de políticas urbanas sobre el uso del suelo debido a la implantación del vehículo autónomo y se realiza un estudio aplicando dichas políticas urbanas. Tras ello, se analiza los resultados y se obtiene una serie de conclusiones sobre la aplicación de dichas políticas y la implementación de los vehículos autónomos.

2 Estado del arte

2.1 Definición los vehículos autónomos

Un coche autónomo es aquel vehículo en el que no es necesaria la intervención del conductor en las tareas de conducción, dándole la oportunidad de dedicar ese tiempo de conducción a otras actividades (Gelauff, Ossokina, & Teulings, 2019). Este tipo de vehículo es capaz de monitorizar y estudiar el entorno urbano cada instante para así desarrollar una conducción autónoma, donde no se necesita las habilidades humanas para pilotar el vehículo (Stead & Vaddadi, 2019).

Los vehículos autónomos disponen de diversos niveles de automatización. Estos niveles de automatización representan los diferentes grados de ayuda a la conducción que tiene el conductor del vehículo. En clasificaciones como la que propone la SAE (Sociedad de Ingenieros de la Automoción), el nivel más básico representa una conducción sin ningún tipo de ayudas, y el nivel más alto, una conducción autónoma del vehículo, donde el conductor no interviene en ningún momento.



Ilustración 2. Usuario en vehículo autónomo.

Fuente: Capital Economía (2019)

Estos vehículos se están desarrollando tanto para un uso privado como para un uso compartido. El vehículo autónomo compartido tiene como objetivo implantar un transporte público de servicio puerta a puerta, ofreciendo un ahorro en tiempos de espera, de acceso y salida en comparación con el transporte público convencional (Gelauff, Ossokina, & Teulings, 2019). Otra opción que se está estudiando es la automatización del transporte público. Por otro lado, también se están desarrollando tecnologías de conducción autónoma para otro tipo de vehículos, como pueden ser: camiones, vehículos de reparto, derivados de turismos, vehículos mixtos...

El vehículo autónomo, como objeto de estudio por los centros de investigación, se entiende como un vehículo autónomo eléctrico compartido. Este tipo de vehículo es el que se va a estudiar en el presente documento. Políticas europeas y estatales como son la Agenda 2030 (Ministerio de Derecho Sociales y Agenda 2030, 2020) promueven modos

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

de transporte donde este tipo de movilidad tiene cabida, por lo que el estudio de la implantación de los vehículos autónomos y sus consecuencias es de gran interés.

2.2 Tipología de los vehículos autónomos

2.2.1 Según su nivel de dependencia

Los vehículos autónomos se pueden clasificar según su nivel de automatización. A nivel internacional, diversos organismos han desarrollado una clasificación concreta. Los organismos más importantes y cuyas clasificaciones se utilizan más habitualmente son:

- **NHTSA** (Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en las Carreteras, depende del departamento de tráfico de los Estados Unidos)
- **BAST** (Instituto Federal de Investigación de Carreteras en Alemania)
- **OICA** (Organización Internacional de Constructores de Automóviles, con sede en París, Francia)
- **SAE** (Sociedad de Ingenieros de Automoción con base en Estados Unidos)

En la actualidad, la clasificación más utilizada internacionalmente, adoptada también por el Parlamento Europeo, es la ofrecida por la Sociedad de Ingenieros de Automoción (SAE). Esta clasificación propone 6 niveles de vehículos autónomos en función de su grado de automatización (SAE - Society of Automobile Engineers, 2020):

- **Nivel 0:** En este nivel, el conductor tiene pleno control del vehículo. No se dispone de ningún sistema de conducción automática. Únicamente pertenecen a este nivel aquellos vehículos que disponen de un sistema de alertas.
- **Nivel 1:** En este nivel, el conductor dispone de ayudas para la conducción denominada ADAS (Advanced Driver Assistance Systems), como puede ser el “control de crucero” y la ayuda para mantenerse en el carril. Estos sistemas se han implementado en la mayor parte de los turismos existentes en la actualidad
- **Nivel 2:** En este nivel, el vehículo dispone de una conducción semiautomática. Esto quiere decir que el conductor debe permanecer en todo momento alerta, ya que, ante cualquier contratiempo, debe tomar el control del vehículo desactivándose así simultáneamente el sistema de conducción automática.
- **Nivel 3:** En este nivel, el vehículo puede tener conducción autónoma en zonas controladas, como puede ser las autopistas o autovías, teniendo al conductor alerta durante el trayecto. Un ejemplo de este sistema es el sistema “Autopilot” del Tesla Model 3.
- **Nivel 4:** En este nivel, los vehículos autónomos pueden circular sin la supervisión del piloto, siempre y cuando circulen en las áreas donde el coche disponga de información suficiente como para no depender del conductor.
- **Nivel 5:** Este nivel representa la conducción autónoma total, independiente del conductor, que pasa a ser un pasajero. Esto solo es posible en aquellas zonas en las que se autorice la conducción autónoma.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres



Ilustración 3. Niveles de Autonomía de un coche según el SAE.

Fuente: 20 Minutos (2018)

2.2.2 Uso y características del vehículo autónomo

El vehículo autónomo tiene dos principales usos relacionados con el régimen de propiedad: como vehículo privado y como vehículo compartido (Gelauff, Ossokina, & Teulings, 2019). Como vehículo privado, la única diferencia respecto al vehículo convencional es la no intervención del conductor durante el trayecto, mientras que el vehículo autónomo compartido puede considerarse un modo de transporte público.

En la actualidad, existen diversas tipologías de vehículos compartidos. Entre los modos de transporte compartido, se encuentra el compartir viaje o compartir vehículos. Empresas como BlaBlaCar basan su sistema de negocio en la creación de una red donde diversos conductores ofrecen compartir el viaje que van a realizar con otros usuarios a cambio de un coste económico. Otras empresas, como Areavan o Respiro Madrid, ofrecen en su plataforma vehículos de particulares o empresas para alquilarlos por un periodo de tiempo. Estas distintas tipologías de transporte compartido de los nuevos servicios de movilidad a demanda (Mobility as a Service MaaS). Este nuevo sistema de movilidad ofrece como servicio la planificación del trayecto, el servicio del transporte y el pago de este. Con ello, elimina que el usuario deba planificar el trayecto teniendo en cuenta todas las opciones de transporte que pueda escoger y el pago a diferentes operadores, ya que este tipo de sistema de transporte unifica todos estos servicios.

Por ello, el vehículo autónomo compartido se convierte en un nuevo modo de transporte, donde une los dos tipos de vehículo compartido más frecuentado por los usuarios en la actualidad, ofreciendo un servicio de Mobility as a Service. Esto se debe a que la idea de vehículo autónomo compartido es crear una red donde un usuario que quiera desplazarse pueda solicitar un vehículo autónomo compartido. Con ello, esta red estudiará qué vehículo de los que se encuentra en funcionamiento es el que resulta idóneo para realizar

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

el trayecto que el usuario desea respecto a los usuarios que ya estén en el vehículo, como es el caso del desplazamiento compartido en zona urbana.

En la literatura científica se han encontrado los siguientes tipos de vehículos autónomos (Fraedrich, Heinrichs, Bahamonde-Birke, & Cyganski, 2018):

- **Vehículo Autónomo Compartido:** Es un vehículo compartido por diferentes usuarios que genera la ruta más eficiente para todos los pasajeros que estén usándolo.
- **Vehículo Autónomo Privado:** Es un vehículo autónomo de carácter privado para el uso personal del pasajero.
- **Taxi Autónomo:** Vehículo de transporte público donde no se comparte el vehículo con más usuarios. Puede ser de carácter privado si lo gestiona una empresa, como pueden ser Uber o Cabify.
- **Vehículo Autónomo de Reparto:** Este vehículo se encarga de manera autónoma, de la entrega y recogida de pedidos y paquetería sin necesidad de disponer de un trabajador y/o conductor.
- **Vehículo Autónomo de Carga:** Este tipo de vehículo se encarga, de manera autónoma, de realizar trayectos interurbanos transportando cargas y mercancías.



Ilustración 4. Vehículo Autónomo de Reparto de la empresa Nuro.

Fuente: DGCI (2020)

2.3 Desarrollo actual del vehículo autónomo

Los vehículos autónomos llevan desarrollándose durante décadas por las empresas automovilísticas, siendo esta última década donde más avances se han implantado en los vehículos. Estos desarrollos tecnológicos ya permiten que vehículos nuevos que circulan

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

por las carreteras sean clasificados con un nivel de automatización 1 o 2, ya que siguen requiriendo la atención plena del conductor, pero tienen varias de sus operaciones automatizadas. Estas nuevas tecnologías ayudan a rebajar el estrés y la fatiga de la conducción, pero necesitan la atención plena del piloto. Sistemas como el “Aviso por fatiga”, “Line assistance” o “Cruise Control” generan un mayor nivel de seguridad durante la conducción, mientras que otros sistemas como “Park assistance” son ayudas ofrecidas al piloto, automatizando ciertas acciones como puede ser el estacionamiento o la parada. Los desarrollos actuales en los vehículos que se comercializan alcanzan hasta el nivel 3 de autonomía, siendo un ejemplo los modelos que comercializa Tesla con la tecnología “Autopilot” (Tesla).



Ilustración 5. Sistema Autopilot del Tesla.

Fuente: AutoExpress (2018)

Las empresas automovilísticas están adaptando sus flotas cada vez más hacia los vehículos autónomos eléctricos. Esto hace que el desarrollo de este modo de transporte sea progresivo, añadiendo en cada actualización de los modelos diversas tecnologías encaminando hacia un vehículo más autónomo. Por otro lado, hay empresas que no se habían dedicado a la automoción hasta ahora (denominadas empresas “outsiders”), como pueden ser Uber o Waymo, que están desarrollando un vehículo autónomo completo. Waymo, empresa perteneciente a Google, ha desarrollado varios prototipos puestos a prueba en carreteras reales, aglutinando en la actualidad 20 millones de millas recorridas (aproximadamente 32.2 millones de kilómetros). Es, con diferencia, la empresa que mayor número de kilometraje en vehículos autónomos lleva recorridos (Waymo, 2020) dando servicio a los ciudadanos de Phoenix como servicio de taxi. Caso contrario es el de Tesla, siendo esta una empresa automovilística basada en vehículos eléctricos, han ido desarrollando poco a poco sistemas de automoción enfocados al vehículo autónomo privado.

2.3.1 Penetración del vehículo autónomo en diferentes países

El desarrollo de los vehículos autónomos no se puede entender sin realizar pruebas en carreteras interurbanas y urbanas, con la finalidad de recoger información y, por ende, mejorar la tecnología hasta su incorporación al mercado. Para ello, es muy importante que los países permitan mediante su legislación este tipo de pruebas y ensayos, ya que los códigos de tráfico impiden, en muchos países, que el conductor del vehículo no esté atento o pendiente del vehículo en todo momento. Por ello, diversos informes como el realizado por la consultoría KPMG (2020) clasifican a los países de mayor desarrollo en función de cuatro factores clave para el desarrollo e implantación de los vehículos autónomos. Estos factores son:

- Política y legislación
- Tecnología e innovación
- Infraestructura
- Adaptación del consumidor

De estos cuatro factores se intenta ver cómo de adaptables son los vehículos autónomos en el país de estudio. Países como Singapur, Países Bajos o Estados Unidos quedan en cabeza en la clasificación de países con mayor índice de preparación para los vehículos autónomos, principalmente por su tecnología y por sus políticas, donde ya permiten el uso de vehículos autónomos, como es el caso de Waymo en Estados Unidos o la empresa Aptiv en Singapur.

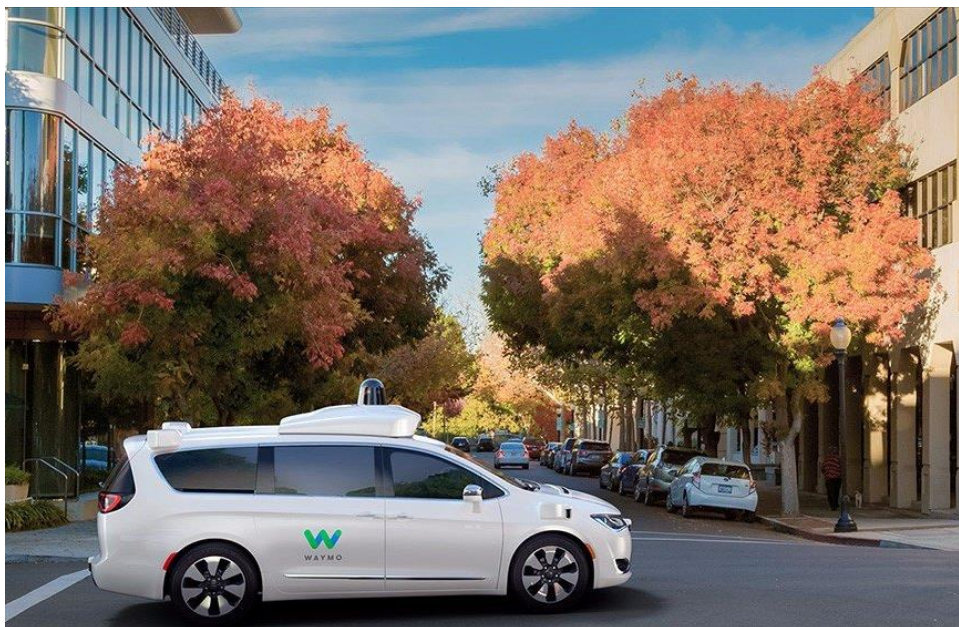


Ilustración 6. Vehículo autónomo de Waymo.

Fuente: Motor.es (2016)

2.3.2 Vehículo autónomo en España

España se encuentra actualmente en el puesto 22 con respecto al Índice de Preparación de Vehículos Autónomos según el informe de KPMG (2020), lo que supone un descenso

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

de cuatro puestos con respecto a la situación del año anterior. Esto se debe a la baja iniciativa que hay en el Estado en cuanto a nuevos proyectos para probar vehículos autónomos.

En 2015 se dio un paso bastante importante en España en cuanto al desarrollo de políticas de los vehículos autónomos, debido a que la Dirección General de Tráfico, con la instrucción denominada “Instrucción 15/V-113” permitió realizar pruebas en carreteras con tráfico para vehículos autónomos de nivel 3 o superior según SAE (SAE - Society of Automobile Engineers, 2020), estableciendo los tramos de vía interurbana y urbana donde se pueden realizar las pruebas o ensayos.

Actualmente, los principales proyectos de este tipo tratan de autobuses autónomos pensados para el turismo. En Málaga se lanzó en diciembre de 2019 el proyecto “AutoMost”, que conecta la terminal de cruceros del puerto de Málaga con el centro de la ciudad. Este trayecto se realiza con autobuses eléctricos con capacidad para transportar 60 pasajeros por viaje. En otras zonas del Estado, como en Lanzarote, se está trabajando con minibuses eléctricos autónomos en diversas rutas turísticas, como puede ser la Ruta de los Volcanes en el Parque Nacional de Timanfaya, con el objetivo de poder controlar el flujo de visitantes en un área considerada zona medioambientalmente sensible. También, desde las universidades se están implantando sistemas de transporte autónomo en colaboración con empresas, como es el caso de la Universidad Autónoma de Madrid con Alsa. Conjuntamente, han desarrollado un minibús autónomo con capacidad para 12 pasajeros que tiene un recorrido de 3.8 km por el campus de Cantoblanco (Universidad Autónoma de Madrid, 2020).



Ilustración 7. Minibús autónomo

Fuente: Universidad Autónoma de Madrid (2020).

Dentro del Plan de Innovación para el Transporte y las Infraestructuras (Ministerio de Fomento, 2018) se ha comenzado a mencionar por parte del Gobierno de España ciertas

TRABAJO FIN DE MÁSTER

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

políticas y objetivos sobre los vehículos autónomos. Como objetivos principales se han marcado:

- Creación de un libro blanco de la ética del vehículo autónomo.
- Estandarización técnica para el desarrollo del marco legal del vehículo autónomo.

Con estas medidas, el Gobierno de España pretende desarrollar la implantación del vehículo autónomo dentro del marco legislativo actual, dado que actualmente, como se ha reflejado en el apartado 3.1, no se permiten su circulación. Al incluir los vehículos con sistemas de autonomía de nivel 4 y 5 en las carreteras del estado, se pretende ser líder en el sector automovilístico por la fabricación de los automóviles, con la idea de atraer este nuevo mercado al país.

En 2020, el Gobierno de España comienza a desarrollar una nueva ley de movilidad donde se comienza a mencionar los vehículos autónomos. Con esta nueva ley, el gobierno español quiere fomentar el uso de transportes basados en vehículos eléctricos, por lo que deben incrementar el número de puestos de recargas para este tipo de vehículos, algo que ha penalizado a España en el ranking realizado por KPMG.

En la siguiente tabla (Tabla 1) se muestra la clasificación que hace KPMG de las políticas y la legislación de diferentes países. Para poder clasificar los países estudiados, dividen las políticas y la legislación en diferentes apartados, como son:

- La regulación de los vehículos autónomos
- Proyectos financiados por el gobierno
- Agencias enfocadas a los vehículos autónomos
- Orientación de los gobiernos a las empresas para el desarrollo de los vehículos autónomos
- Eficiencia del sistema legal en regulación sobre los vehículos autónomos
- Disposición del gobierno para el cambio
- Intercambio de datos

Tras analizar estos puntos, se realiza una puntuación final con la que se clasifica, en materia de política y legislación a los países analizados.

TRABAJO FIN DE MÁSTER

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

Tabla 1. Puntuación de KMPG a las políticas y legislación de diversos países.

País	Regulación VA	Proyectos financiados por el gobierno	Agencias enfocadas a VA	Orientación de los gobiernos a las empresas para el desarrollo	Eficiencia del sistema legal en regulación de VA	Disposición del gobierno para el cambio	Intercambio de datos	Puntuación total
Singapur	1.000	1.000	1.000	1.000	0.673	1.000	0.411	6.084
Reino Unido	0.929	0.857	0.857	0.534	0.668	0.780	1.000	5.626
Países Bajos	1.000	0.929	0.714	0.639	0.825	0.780	0.688	5.576
Finlandia	1.000	0.857	0.714	0.718	1.000	0.780	0.451	5.521
Nueva Zelanda	0.929	0.714	0.929	0.573	0.792	0.829	0.743	5.509
Estados Unidos de América	0.857	0.929	0.714	0.763	0.792	0.634	0.771	5.461
Alemania	0.786	0.857	0.857	0.604	0.747	0.829	0.621	5.301
Emiratos Árabes	0.857	0.714	0.929	0.880	0.865	0.951	0.081	5.278
Canadá	0.786	1.000	0.714	0.502	0.614	0.756	0.870	5.242
Noruega	0.929	0.857	0.643	0.575	0.629	0.854	0.674	5.161
Austria	0.857	0.857	0.929	0.502	0.568	0.610	0.629	4.952
Dinamarca	0.714	0.643	0.857	0.589	0.666	0.829	0.633	4.931
Taiwan	0.857	1.000	0.786	0.334	0.425	0.659	0.860	4.920
Francia	0.786	0.857	0.714	0.481	0.615	0.585	0.815	4.854
Suecia	0.714	0.714	0.714	0.564	0.624	0.878	0.625	4.834
Corea del Sur	0.857	1.000	0.857	0.488	0.346	0.463	0.766	4.777
Australia	1.000	0.571	0.714	0.409	0.516	0.707	0.765	4.683
Japón	0.571	0.857	0.571	0.505	0.642	0.659	0.691	4.496
Israel	0.714	0.786	0.643	0.532	0.603	0.488	0.331	4.097
Bélgica	0.929	0.714	0.714	0.271	0.565	0.512	0.319	4.024
China	0.786	0.929	0.643	0.490	0.535	0.561	0.000	3.944
República Checa	0.857	1.000	0.714	0.186	0.222	0.512	0.309	3.800
España	0.857	0.571	0.714	0.163	0.322	0.317	0.668	3.614
Chile	0.429	0.571	0.429	0.435	0.435	0.439	0.346	3.083

Fuente: KPMG (2020)

2.4 Impactos en las ciudades

La entrada de los vehículos autónomos en las carreteras tiene el potencial de ejercer una serie de impactos y cambios, tanto en el sistema de circulación, como en los usos del suelo o en aspectos sociales, medioambiente, de seguridad, etc.

Se considera un impacto a todo aquel efecto que se produzca debido a la entrada de los vehículos autónomos en circulación, tanto urbana como interurbana. Esta serie de impactos pueden ser de suceso inmediato, debido a que solo pueden producirse tras la llegada de un determinado nivel de autonomía del vehículo, nuevos impactos, o impactos que son crecientes según se vayan implementados vehículos con mayor nivel de autonomía. Estos impactos pueden ser positivos o negativos, tanto para los ciudadanos como para los propios usuarios del transporte. Es difícil cuantificar el nivel de impacto que pueden tener en algunos aspectos, pero se han desarrollado estudios y ensayos para poder probar la incidencia que podrían tener según su grado de implantación.

Según Milakis (2017) los impactos se pueden englobar en tres grandes categorías que, a su vez, recogen diferentes tipos de impactos. Estos son:

- **Impactos de primer orden:** En este nivel se estudian los impactos que tienen relación directa con la entrada de los vehículos autónomos en el sistema vial, en la economía o en el uso diario del transporte, como pueden ser la congestión de las carreteras, la capacidad de las carreteras, el tiempo y coste de viaje o el uso del vehículo.
- **Impactos de segundo orden:** En este nivel se estudian aquellas actuaciones que hay que realizar para conseguir reestructurar el sistema vial, derivadas de los impactos de primer nivel. Estas acciones pueden ser cambios en los usos del suelo, localizaciones de parkings, la infraestructura del transporte, la densidad poblacional...
- **Impactos de tercer orden:** En este nivel se estudian los impactos derivados del uso y circulación del vehículo a nivel social, como pueden ser el efecto que tiene en la economía, en la contaminación, la seguridad, la energía consumida o la eficiencia del combustible.

En la siguiente imagen se puede apreciar un esquema realizado por Milakis (2017) donde relaciona los diferentes niveles de impactos.

TRABAJO FIN DE MÁSTER

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

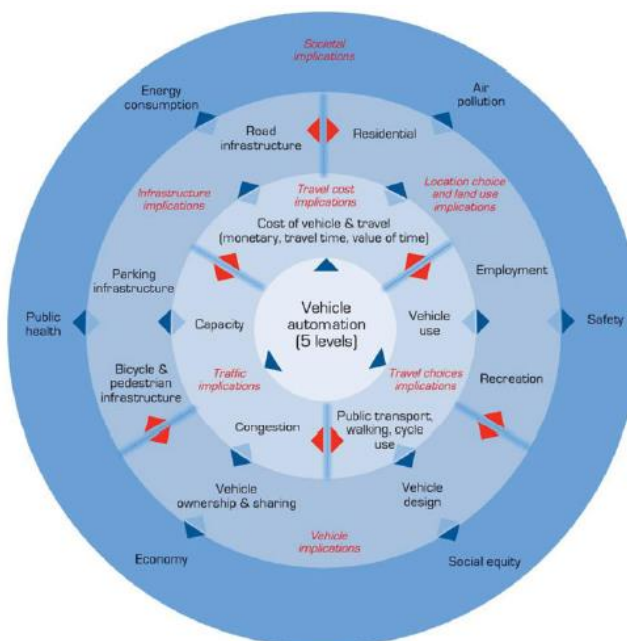


Ilustración 8. Impactos de los vehículos autónomos

Fuente: Milakis, et al. (2017).

2.4.1 Impactos de primer orden

Los impactos de primer orden son aquellos que generan un cambio inmediato debido a la entrada del vehículo autónomo en el sistema vial. Esta nueva tecnología va a generar cambios en diferentes aspectos relacionados con el vehículo y transporte, como pueden ser los costes asociados al vehículo, las capacidades de las carreteras, las elecciones de los viajes... Por ello, se analizará cada impacto de primer orden dado que tienen relación con impactos de niveles inferiores.

2.4.1.1 Coste de uso del vehículo

Usar un vehículo genera diversos costes. Estos costes pueden ser: mantenimiento, arreglo por avería, tiempo del viaje o valor del tiempo. Estos costes son conocidos para los vehículos convencionales, ya que dependen del modelo del vehículo y del uso que se le haya dado. Al estudiar el vehículo autónomo, estos impactos difieren del vehículo convencional en diversos aspectos dado que van equipados con una tecnología distinta.

Se espera que estos costes sean mayores que los costes de uso de un vehículo convencional. Esto se debe, mayormente, a que los vehículos autónomos de niveles 4 y 5 solamente podrán circular en un inicio por zonas muy delimitadas, por lo que no se dispondrá directamente de una gran flota de este tipo de vehículos autónomos. Con ello, el coste del mantenimiento se elevará, ya que solamente se dispondrán de pocos vehículos en circulación, por lo que la tecnología que se necesita para arreglos y mantenimiento solo se amortizará con altos costes. Se estima que, tras una implantación completa de los vehículos autónomos, el coste de uso del vehículo descenderá a 3000\$ o menos (Fagnant & Kockelman, 2015).

2.4.1.2 Tiempo de viaje y capacidades de las carreteras

Dentro de los vehículos autónomos, una de las principales tecnologías para su desarrollo es la de los sistemas de control de velocidad de los vehículos. El Control de Crucero Adaptativo (ACC) es un sistema que permite adaptar la velocidad del vehículo en todo momento a la velocidad recomendada, teniendo en cuenta los vehículos u obstáculos que pueda haber en la carretera. Este sistema de seguridad se basa en las señales emitidas por los sensores que lleva el coche en la parte delantera del mismo. Estos sensores emiten señales para regular la velocidad del vehículo automáticamente, disminuyendo en caso de haber otro vehículo y adaptándolo a la velocidad de este o, por el contrario, acelerando en caso de poder circular a una velocidad mayor.

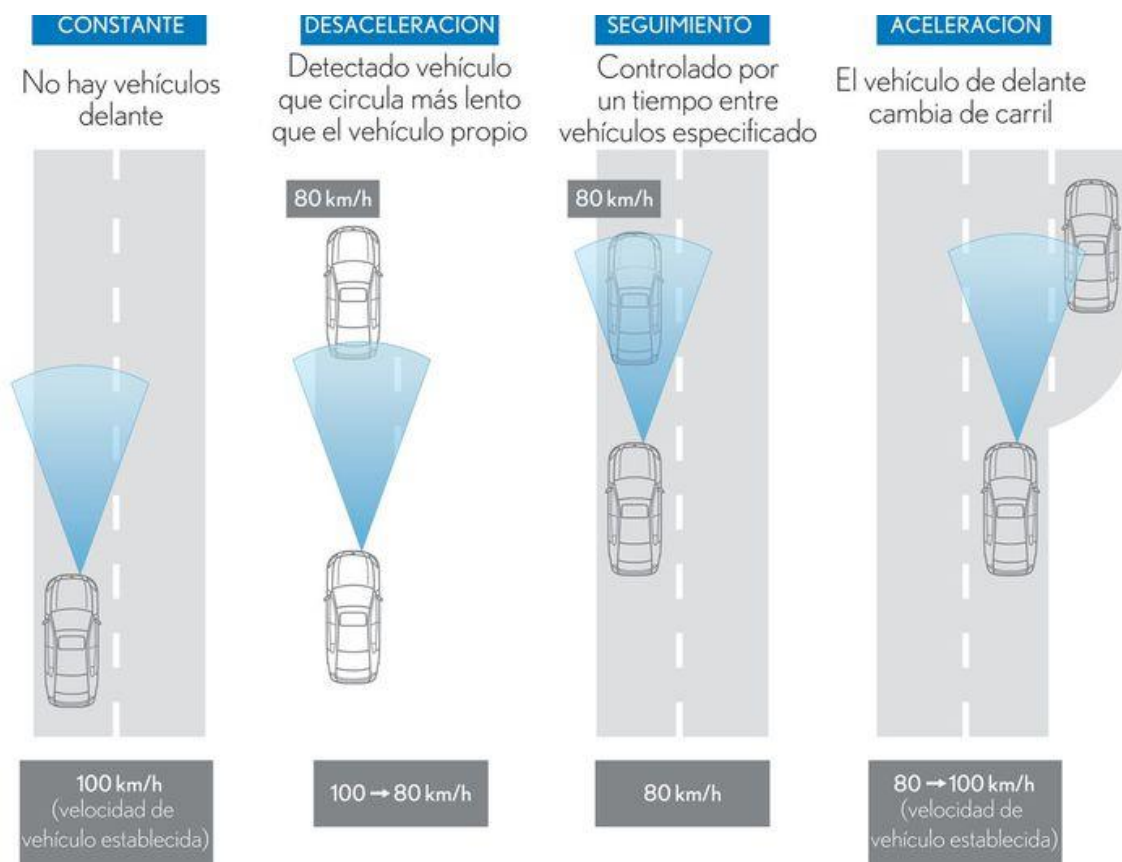


Ilustración 9. Funcionamiento de Control de Crucero Adaptativo.

Fuente: Anon (2009)

El sistema CACC, Control de Crucero Adaptativo-Cooperativo, se basa en el sistema anterior, considerándose una mejora de este, ya que la mayor diferencia entre ambos sistemas radica en la conexión entre todos los vehículos del entorno, haciendo que todos los vehículos trabajen conjuntamente para conseguir la velocidad óptima deseada en la carretera.

La influencia de la implantación de esta tecnología en la capacidad de flujo de las carreteras ha sido estudiada por Arnaout y Bowling (2011). Como se puede observar (Gráfica 1), para flujos donde ya se circula con una velocidad libre adecuada (flujos de

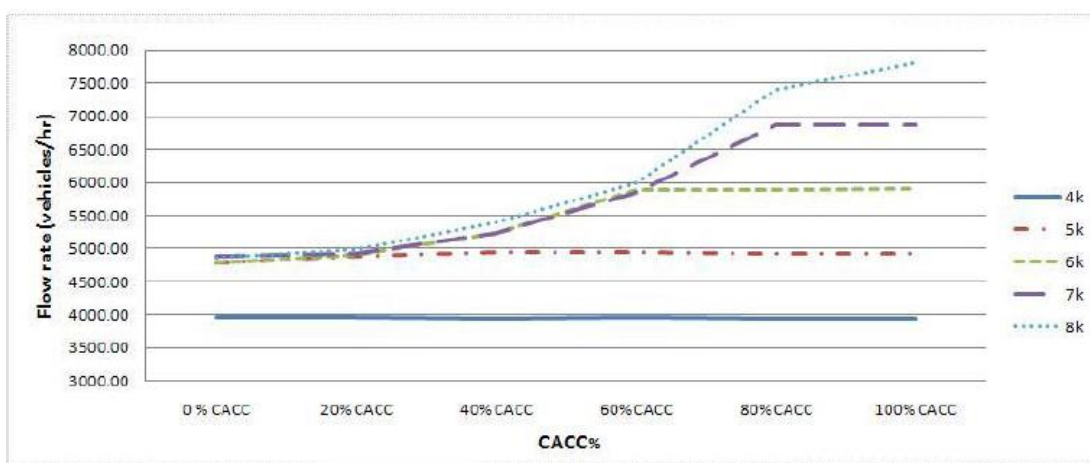
TRABAJO FIN DE MÁSTER

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

4000 vehículos/hora), la llegada de esta tecnología no supone ningún cambio en las carreteras. No es así conforme se sube la tasa de llegada de vehículos a la carretera, convergiendo todas en torno a 5000 vehículos/hora cuando no hay implantación de esta tecnología. Como se puede observar, a mayor tasa de llegada requiere una mayor implantación de tecnología para conseguir que la tasa de llegada a la carretera sea igual que el flujo en la propia carretera, consiguiendo llegar a la velocidad libre delimitada.

Gráfica 1. Variación del flujo de la carretera en función de la tasa de llegada y de la cantidad de vehículos con Control de Crucero Adaptativo-Cooperativo.



Fuente: Arnaout y Bowling (2011)

Arnaout y Bowling (2011) estiman que para obtener beneficios de en torno a un 10% en las capacidades de las carreteras, el mínimo de vehículos con tecnología CACC debe de ser un 40%. Con un 100% de vehículos autónomos, se puede conseguir pasar de 5000 vehículos/hora con un 0% de automóviles con CACC, a que para una tasa de llegada a la calzada de 8000 vehículo/hora sea igual que el flujo que permite la carretera, no habiendo retenciones ni demoras en los trayectos.

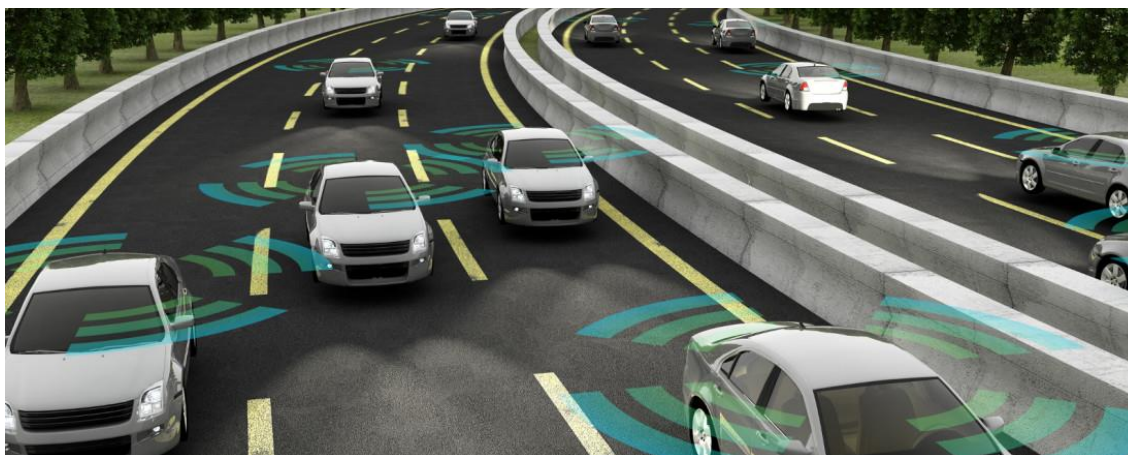


Ilustración 10. Vehículos autónomos conectados en autopista.

Fuente: LKS Next (2020)

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

También se ha estudiado el tiempo de viaje en relación con la capacidad de las carreteras. Pese al incremento de capacidad que experimentarían las carreteras, estas no presentarían retenciones ni disminuciones de velocidad como se presentan hoy en día, debido a diversos factores como pueden ser la reducción de los accidentes, que se estima que puede ser en torno a un 90% si la implantación de los vehículos autónomos es completa (Hawkins & Nurul Habib, 2018), o la reducción de los cuellos de botellas por accidentes de tráfico o retenciones por alta ocupación de las carreteras (Cohen & Cavoli, 2018). También, al poder circular a la velocidad libre de la propia carretera, el tiempo de viaje disminuye al aumentar la velocidad en periodos de máxima ocupación de las carreteras y al reducirse el número de contratiempos que hagan reducir la velocidad (Arnaout & Arnaour, 2014). Por el contrario, Hawkins y Nurul Habib (2018) comentan que, una implantación masiva de vehículos autónomos puede generar una congestión del sistema vial dado que los usuarios pueden incrementar el número de trayectos con motivo de poder realizar tareas mientras que se transportan.

2.4.1.3 Demandas de viajes

El cambio de tecnologías y de modo de transporte hace que el usuario deba adaptarse y modificar sus conductas en cuanto a los viajes que va a realizar a lo largo del día. Algunos estudios reflejan el cambio de hábitos que tendrían usuarios de vehículos privados al tener que utilizar vehículos autónomos compartidos.

Fagnant y Kockelman (2014) estudiaron este escenario donde, al suprimir los vehículos privados por vehículos autónomos compartidos, por cada vehículo autónomo compartido que hubiese en circulación se suprimirían diez vehículos convencionales. No por ello, la demanda de viajes descendería, sino que se ve incrementado hasta en un 11% el número de viajes realizados por cada usuario. Esto puede ser debido a que el usuario experimenta cambios en la planificación de sus viajes; como puede ser cambios en la elección del destino (escogiendo viajes más largos), cambio modal de transporte (combinando el transporte público con el vehículo, o andando hasta el vehículo) o un incremento de viajes en vehículo para personas que antes utilizaban otro medio de transporte (ancianos y usuarios sin licencia de conducción) (International Transport Forum, 2015).

2.4.2 Impactos de segundo orden

Los impactos de segundo orden se pueden definir como aquellos efectos que pueden derivar de los impactos de primer orden. Los impactos de primer nivel causan consecuencias directas sobre el uso del suelo o la infraestructura destinada al transporte, pero, a su vez, modificaciones en el urbanismo y en la infraestructura pueden alterar las conductas de transporte, la demanda de los viajes o el tiempo de viaje. Por ello, es interesante analizar las diferentes relaciones que hay entre niveles de impactos, ya que, algunos autores consideran que estos impactos son impactos cíclicos que se retroalimentan (Ilustración 11) (Soteropoulos, Bergera, & Ciarib, 2019) (Legêne, Auping, Homem de Almeida Correia, & Van Arem, 2020).

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

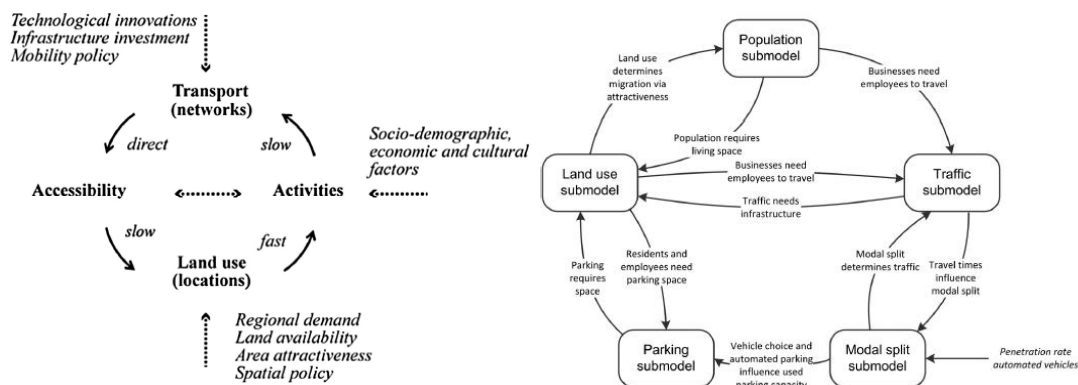


Ilustración 11. Relación entre transporte y uso del suelo.

Fuentes: Soteropoulos, et al. (2019) y Legêne, et al. (2020)

2.4.2.1 Usos del suelo

Actualmente, las ciudades están sufriendo un gran cambio en cuanto a los usos del suelo. Durante las últimas décadas, el transporte privado ha predominado en las ciudades, siendo el transporte principal para los ciudadanos. Con el tiempo y las nuevas políticas urbanísticas, ambientales y de transporte, se ha empezado a fomentar el uso de los transportes públicos, invirtiendo tanto en su infraestructura como en un nuevo urbanismo para las ciudades. Ciudades como Vitoria-Gasteiz comenzaron a peatonalizar el centro de las ciudades para darle prioridad a los peatones y al transporte público, el tranvía en este caso.



Ilustración 12. Tranvía de Vitoria.

Fuente: Wikipedia (2017)

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

Las políticas urbanas sostenibles hacen que el vehículo convencional quede relegado a un segundo plano debido a todos los efectos negativos que conllevan, como puede ser la contaminación, los accidentes o la saturación de tráfico en zonas urbanas. Hoy en día se disponen de alternativas más sostenibles, como pueden ser los vehículos eléctricos, transporte público, bicicletas... Por ello, la llegada del vehículo autónomo puede ser un relevo generacional para este modo de transporte, al que hay que anticiparse y realizar políticas urbanas para integrarlos de manera eficiente y poder prevenir los efectos negativos (Gonzalez-Gonzalez, Nogués, & Stead, 2018). Con la llegada del vehículo autónomo, la planificación de las ciudades sufrirá cambios radicales, ya que esta nueva tecnología plantea soluciones urbanísticas diferentes a las habituales. Estos cambios pueden ser una oportunidad de mejorar la habitabilidad en las ciudades, debido a que el vehículo autónomo compartido demanda mucho menos espacio que el vehículo convencional, haciendo que espacio dedicado al aparcamiento o calzada pueda utilizarse como espacio peatonal, espacio verde...

Planificación del suelo y uso de los espacios

Estos cambios en la planificación de los usos del suelo dependen mucho del tipo de vehículo autónomo que se utilice. La relación entre vehículos autónomos privados y compartidos puede tener una clara incidencia en la ordenación y diseño urbanos. Un uso compartido del vehículo autónomo hace que el espacio liberado sea mucho mayor, reduciendo considerablemente la flota de vehículos. Según Fulton (2017), en caso de predominar un uso compartido del vehículo autónomo, la flota de las ciudades se reduciría en tres cuartos respecto a la flota actual. Por el contrario, se estima un incremento de 2100 millones de vehículos en el mundo en caso de predominar el vehículo privado. Heinrichs (2016) asegura que cualquier tasa de penetración de vehículos autónomos compartidos reduciría la flota de vehículos que hay actualmente.

Las ciudades sufrirán un impacto por la entrada de los vehículos autónomos, por lo que la planificación previa a la incorporación de este modo de transporte es imprescindible. Autores como Heinrichs (2016) han intentado establecer posibles escenarios para las ciudades con la incorporación de esta tipología de transporte, clasificándolos según diferentes planteamientos de políticas de planificación. Tras establecer estos escenarios, se han establecido la Tabla 2 las consecuencias sobre el uso del suelo y sobre el transporte.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

Tabla 2. Diferentes escenarios para las ciudades del futuro.

Escenario	Forma de conducción autónoma	Uso del suelo urbano
La ciudad regenerativa/inteligente	<ul style="list-style-type: none"> - Multimodal, sistema basado en una red de transporte público. - Sistemas semiautomáticos (nivel 3-4) en autopistas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Formación de espacios de intermovilidad. - Reducción del área de aparcamiento debido a los nuevos centros de aparcamiento.
La ciudad con hipermovilidad	<ul style="list-style-type: none"> - Implantación de taxis autónomos. - VA en autopistas con grandes capacidades en tramos guiados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor densidad en el centro de la ciudad. - Crecen zonas suburbanas de baja densidad.
La ciudad interminable	<ul style="list-style-type: none"> - Predomina por el uso del coche. - Impacto pequeño del vehículo autónomo (No se supera el nivel 3). 	<ul style="list-style-type: none"> - Crecimiento de la dispersión urbana. - Disminución general de la densidad de asentamientos

Fuente: Heinrichs (2016)

González-González, Nogués y Stead (2020) proponen cuatro escenarios de futuro relacionados con las formas básicas de movilidad en la ciudad (individual o compartida) y los niveles de acceso otorgados a los vehículos en el tejido urbano (acceso ilimitado o acceso restringido). De estos escenarios (Tabla 3), solo el correspondiente a la ciudad compartida habitable se considera digna de ser perseguida, dado su potencial para lograr un mayor número de objetivos de política urbana y el hecho de que es más deseable desde el punto de vista de la habitabilidad, sostenibilidad y justicia social.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

Tabla 3. Diferentes escenarios para las ciudades del futuro.

Escenario	Forma de conducción autónoma	Uso del suelo urbano
La ciudad con hipermovilidad	<ul style="list-style-type: none"> - Usos de VA privados y compartidos sin restricciones de movilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se crea una dispersión de la actividad económica, por lo que aumenta la dispersión urbana.
La ciudad compartida	<ul style="list-style-type: none"> - Se promueve el uso del VA compartido como transporte público. - Se fomenta el uso intermodal. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se elimina grandes cantidades espacios destinados con anterioridad al estacionamiento. - Se crea una ciudad más concentrada, aumentando la densidad.
La ciudad individual ilimitada	<ul style="list-style-type: none"> - Se introduce el VA como vehículo privado individual. - No se fomenta el transporte público dentro de la ciudad 	<ul style="list-style-type: none"> - Aumenta la dispersión urbana.
La ciudad individual restringida	<ul style="list-style-type: none"> - Se introduce el VA como vehículo privado individual, pero tiene restricciones de uso en ciertas partes de la ciudad. - El transporte público es relevante dentro de la ciudad. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se necesitan crear estacionamientos en zonas periféricas.

Fuente: González-González, Nogués y Stead (2020)

En ambos artículos (Tabla 2 y Tabla 3), se muestran escenarios de ciudades futuras de una cierta similitud, observándose una relación recíproca entre el modo de transporte y el efecto en el uso del suelo. La implementación del vehículo autónomo como medio de transporte público en las ciudades (con zonas de paradas o servicio puerta a puerta) y el uso intermodal del transporte dentro de la ciudad fomenta la densidad urbana, lo que supone un adecuado desarrollo de la ciudad. Con este tipo de modo de transporte se consigue disminuir la tendencia de la dispersión urbana. En cambio, el uso de los VA como modo de transporte privado fomenta, en cualquier escenario, la dispersión urbana. Por ello, puede concluirse que solo los escenarios correspondientes a la ciudad regenerativa y compartida se consideran dignos de ser perseguidos, dado su potencial

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

para lograr un mayor número de objetivos de política urbana y el hecho de que es más deseable desde el punto de vista de la habitabilidad, sostenibilidad y justicia social.

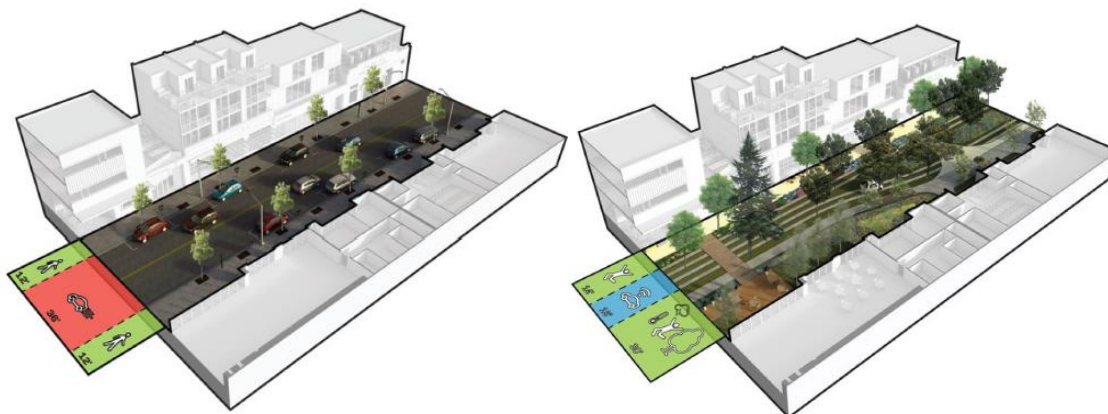


Ilustración 13. Transformación del uso del suelo al introducir los VA.

Fuente: Stead y Vaddadi (2019)

En aquellos escenarios donde se planifica la implantación de los vehículos autónomos combinándolos con el transporte público, gran parte del espacio destinado al estacionamiento o a los carriles de circulación pueden reordenarse para así plantear políticas de redensificación. Con ello, se evita la dispersión urbana, tendencia que va en alza en las últimas décadas en los países europeos.

Estacionamiento

El estacionamiento actualmente es uno de los principales problemas que hay para el conductor. Aunque las políticas urbanísticas actuales marcan una clara idea de reducción del tráfico rodado en las ciudades, autorizando únicamente la entrada a ciertas zonas a residentes, dando espacio al transporte público o restringiendo el tráfico a aquellos vehículos que no cumplan unas condiciones de distintivo ambiental, con la cantidad actual de vehículos que pueden moverse dentro de las ciudades es imposible satisfacer la demanda instantáneamente para todos los conductores que desean aparcar. Esto conlleva a que exista un tiempo para encontrar estacionamiento. Este tiempo de estacionamiento es un problema para la circulación de las ciudades, ya que se ha registrado que el tráfico puede aumentar en torno a un 10-20% por la búsqueda de estacionamiento (Alessandrini, Campagna, Delle Site, Filippi, & Persia, 2015) debido a que se concentran vehículos en los puntos más saturados.

Debido a estos problemas, y las negativas repercusiones sobre el medio ambiente que generan, en las ciudades ya existe una tendencia de reducción de aparcamientos en un marco de introducción de políticas de transporte más sostenibles. El vehículo autónomo compartido puede ahondar en esta tendencia, dando soluciones a problemas actuales en las ciudades como son el estacionamiento y el tráfico saturado. Una ciudad que tenga un sistema de vehículos autónomos compartidos donde disponga de aparcamientos para la carga de baterías en las periferias de las ciudades puede reducir el número de aparcamientos en un 62-87% dentro del núcleo urbano (Nourinejad, Bahrami, & Roorda, 2017), dejando todo este espacio para una posible regeneración de la ciudad.

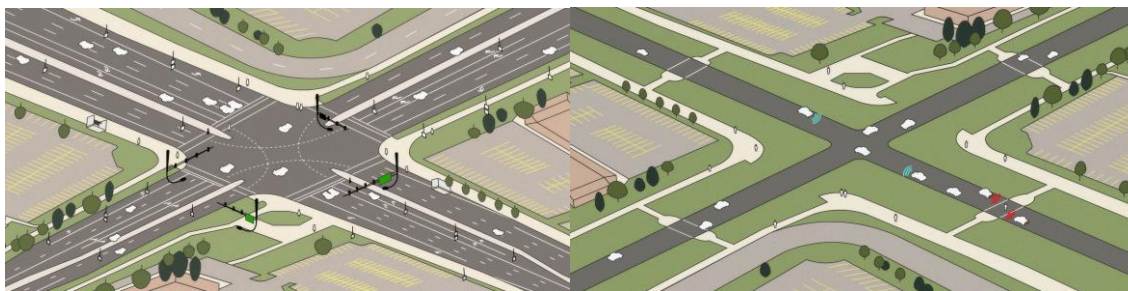


Ilustración 14. Diferencias de uso de suelo entre vehículos convencionales y vehículos autónomos.

Fuente: Sehinc.com (2018)

Esta reducción se debe también a que los vehículos convencionales, en el mejor de los casos, se pueden colocar en dos filas conjuntas de aparcamientos en batería, mientras que los vehículos autónomos se pueden colocar por bloques de más de dos filas (Ilustración 15) estén en batería o en línea, dado que los que quedan dentro del aparcamiento no tienen necesidad de salir antes que los que están aparcado en el exterior.

El sistema de aparcamiento para los vehículos autónomos es un sistema de “Input – Output”. Los vehículos se van colocando según entran al aparcamiento en las últimas filas, donde se van desplazando a zonas de salida en cuanto los vehículos más próximos a la salida van a dar servicio.

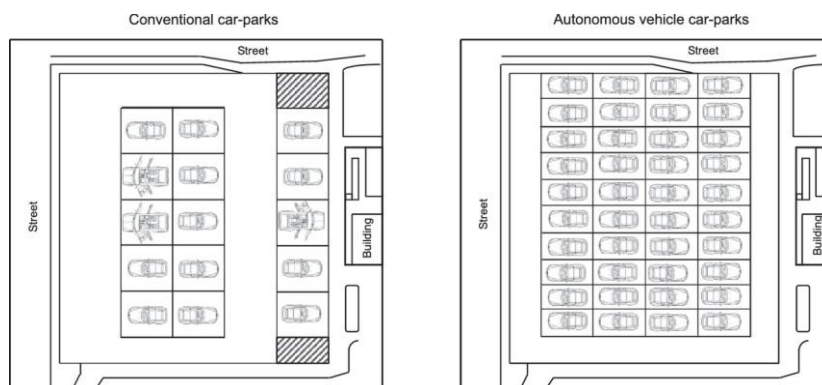


Ilustración 15. Diferencias entre un aparcamiento para vehículos convencionales y para vehículos autónomos.

Fuente: Nourinejad, Bahrami y Roorda (2017)

2.4.2.2 Dispersión urbana

La dispersión urbana es un modelo de desarrollo urbano caracterizado por bajas densidades de población. Este modelo se desarrolló tras la segunda guerra mundial, siendo muy típico en los países anglosajones, aunque en España también se ha desarrollado en los últimos años en la periferia de nuestras ciudades, alcanzando su mayor extensión en el caso de las grandes ciudades, como pueden ser Madrid, Bilbao o Barcelona (González Marroquín, 2014).

Las políticas de dispersión urbana han promovido que grandes cantidades de superficies de las periferias de las ciudades fuesen destinadas a la creación de barrios residenciales de baja densidad poblacional (creando viviendas unifamiliares o bloques), que se unen a

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

las empresas y actividades productivas, cuya descentralización progresiva había comenzado con anterioridad. Al crear estas zonas urbanizadas, se ha destinado grandes presupuestos para su acondicionamiento y mejora de las dotaciones, como pueden ser la red viaria, los servicios urbanos, la red de equipamientos y las zonas de servicios. Las áreas con baja densidad poblacional tienen tendencia a un aislamiento mayor, con lo que conlleva ciertas consecuencias, como pueden ser un mayor uso del transporte privado o un mayor impacto ambiental.

La dependencia del vehículo privado para estas zonas es absoluta, ya que están diseñadas para desplazarse mediante el mismo. Por ello, la población que vive en estos lugares pasa más tiempo desplazándose en el vehículo privado que un ciudadano que viva en un núcleo urbano de mayor densidad. Por otro lado, para no depender completamente del vehículo privado, estos núcleos urbanos necesitan de transporte público para tener acceso al centro urbano del municipio, siendo estas líneas las más ineficientes habitualmente, debido a que dan conexión a zonas de baja densidad urbana.



Ilustración 16. Dispersión urbana en Río Rancho, Nuevo México.

Fuente: Wikipedia (2012)

Por ello, Gelauff (2019) estudió el comportamiento que podría tener la población con la inclusión del vehículo autónomo como medio de transporte en zonas de dispersión urbana. Concluyó que la automatización de los automóviles puede provocar una deslocalización completa de los centros urbanos a favor de zonas de baja densidad de población, ya que uno de los principales inconvenientes, como es el tiempo de viaje, se convierte en tiempo útil para el usuario, ya que puede realizar otras tareas mientras que se desplaza. Por el contrario, una automatización del transporte público, o un vehículo autónomo compartido favorece el efecto contrario, conduce a la agrupación de la población en las áreas urbanas. Autores como Stead y Vaddadi (2019) afirman que, como consecuencia de esta dispersión urbana debida al valor asociado del tiempo de viaje, el vehículo autónomo podría crear una mayor dependencia del vehículo para el ciudadano, más que en la actualidad. También menciona Gelauff, Ossokina, y Teulings (2019) que

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

la automatización total, nivel 5 de SAE, provocaría cambios en las zonas rurales, aumentando la población total en torno a un 3%. Niveles menores de automatización incrementarían también la población de las áreas rurales.

La accesibilidad en las zonas rurales más alejadas de las ciudades podría incrementarse con la llegada del vehículo autónomo. Según Childress, Coe y Nichols (2015) esta accesibilidad de las zonas rurales podría verse incrementada en un 20% con la llegada de los vehículos autónomos por motivos de la reducción del valor del tiempo de viaje y la capacidad de mejorar la circulación por las carreteras. Esto también podría afectar a la dispersión urbana y favorecer el crecimiento de los municipios, ya que una mayor accesibilidad a zonas rurales podría hacer que muchos ciudadanos prefieran escoger estas zonas para tener sus residencias con la mejora que aporta el vehículo autónomo.

2.4.2.3 Trayecto residencia-trabajo

La calidad del sistema de transportes de una ciudad es una referencia bastante buena sobre cómo es la actividad económica y cultural de una ciudad. Si esta ciudad dispone de un buen servicio de transporte público y una buena infraestructura, suele ser síntoma de prosperidad y trabajo para la ciudad, habitualmente. Con ello va ligado también el tamaño de la ciudad, dado que a mayor tamaño mayor la capacidad que tiene dicha ciudad para generar trabajo.

El mayor desafío para la ciudad a la hora de implantar los vehículos autónomos es la deslocalización y la pérdida de densidad en el núcleo de la ciudad. Se prevé que la tendencia del usuario es que, tras la entrada de los vehículos autónomos, acepta tener viajes de mayor duración ya que ve que puede utilizar el tiempo de desplazamiento para realizar otras tareas (Childress, Coe, & Nichols, 2015). Esto se puede ver reflejado con el transporte ferroviario. Aquellas ciudades que han creado redes ferroviarias con los municipios de alrededor han experimentado una tasa de crecimiento menor, debido a que la población se ha ubicado en las periferias de la ciudad o en los municipios colindantes. Esto que, *a priori*, es una desventaja para las ciudades, ya que pierden densidad, es muy enriquecedor para los municipios colindantes, ya que una buena infraestructura y transporte supone poder crecer y crear empleo pese a vivir cerca de un centro urbano con mayores oportunidades.



Ilustración 17. Simulación entrada a ciudad con vehículos autónomos.

Fuente: Government Technology (2020)

Por ello, se ha estudiado cómo puede aumentar esa disponibilidad a realizar mayores trayectos, y se ha visto que el usuario es capaz de aumentar hasta un 25% la distancia de su trayecto si el vehículo autónomo es de nivel 5 según SAE (Gelauff, Ossokina, & Teulings, 2019).

2.4.3 Impactos de tercer orden

2.4.3.1 Económico

En cuanto al impacto económico sobre la sociedad, se puede medir en diferentes apartados, como son el mantenimiento de los vehículos, la compra de los vehículos y el coste-beneficio por uso. El mantenimiento y arreglo de este tipo de vehículos se estima que puede ser incluso el doble de la media de un vehículo convencional, pero se considera que se puede reducir hasta 3000\$ o menos en cuanto se obtenga mejoras en el desarrollo de la tecnología (Fagnant & Kockelman, 2015). Se estima que el ahorro anual de 2960\$ por vehículo en Estados Unidos si el uso de los vehículos autónomos es del 10%, ascendiendo a 3900\$ por vehículo autónomo el uso es del 90% del tráfico.

Por otro lado, el principal problema económico es el empleo que puede destruir la llegada de los vehículos autónomos (Fagnant & Kockelman, 2015). Sectores como los transportistas y la logística pueden sustituir sus recursos humanos por servicios con estas tecnologías. Estos trabajos podrían convertirse en más eficientes con la ayuda de esta tecnología, como se ha visto en el transporte de mercancías con camiones en formación. No obstante, cabe suponer que paralelamente en el propio campo de la automatización se generen empleos de personal cualificado para el diseño y mantenimiento de las flotas de vehículos (Frey & Osborne, 2017)

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

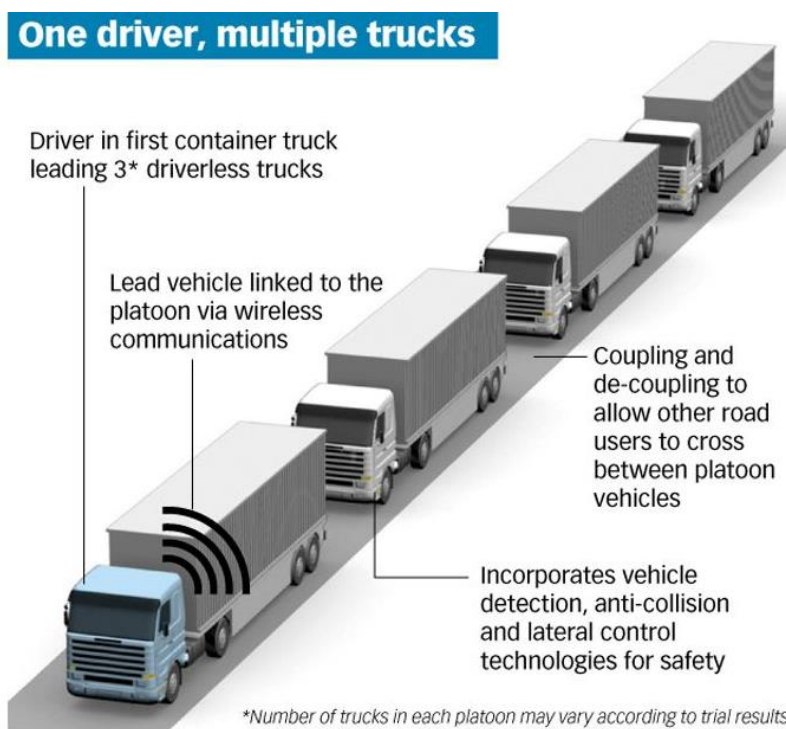


Ilustración 18. Pelotón de camiones autónomos.

Fuente: De Turck (2017)

2.4.3.2 Ambiental

Los vehículos convencionales, hasta hoy en día, en su mayoría utilizan motores de gasolina o diésel para su funcionamiento. Desde la entrada del vehículo con motor eléctrico en el mercado, se ha visto que en el aspecto medioambiental estos vehículos son mucho más respetuosos con el medio ambiente.

Tras analizar cómo es el futuro comportamiento de conducción de los vehículos autónomos, se ha visto que los vehículos autónomos son capaces gestionar mucho mejor el combustible, generando así un ahorro mucho mayor que un vehículo de combustión. Esto se debe a que se estima que la conducción es más suave y está más optimizada que la de un humano (Anderson, et al., 2014). También se vio que, al estar conectados todos los vehículos entre sí, se puede disminuir las distancias de seguridad ya que todos los vehículos reaccionan conjuntamente. Esto permite que las velocidades efectivas mejoren, con lo que se mejora en el rendimiento del combustible (Arnaout & Arnaour, 2014).

Pero el gran beneficio ambiental de estos vehículos vendría de la electrificación de estos y su uso compartido. La reducción de emisiones por ser vehículos eléctricos es de NOx, CO y CO₂. Esto, combinado con el uso compartido de los vehículos autónomos, hace que la capacidad de ahorro de emisiones sea muy compatible con políticas medioambientales marcadas por la Agenda 2030 (Ministerio de Derecho Sociales y Agenda 2030, 2020).

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

2.4.3.3 Seguridad

En España, en el año 2018 se registraron 102.299 accidentes con víctimas de tráfico según el informe “Las principales cifras de la Siniestralidad Vial 2018” elaborado por la DGT (Dirección General de Tráfico, 2018), siendo un total de 1.806 fallecidos (Tabla 4 y Tabla 5).

Tabla 4. Número de accidentes con víctimas, fallecidos, heridos hospitalizados y heridos no hospitalizados en 2018.

Tipo de accidente	Accidentes con víctimas	Fallecidos	Heridos hospitalizados	Heridos no hospitalizados
Total	102.299	1.806	8.935	129.674

Fuente: Dirección General de Tráfico (2018)

Tabla 5. Localización de los accidentes con víctimas, fallecidos, heridos hospitalizados y heridos no hospitalizados en 2018.

Localización	Accidentes con víctimas	Fallecidos	Heridos hospitalizados	Heridos no hospitalizados
Interurbana	37.892	1.317	4.451	53.124
Autopista	3722	82	271	5708
Autovía	9.388	241	741	14.548
Carretera Convencional	24782	994	3439	32868
Urbana	64.407	489	4.484	76.550
Travesía	1595	43	168	1882
Calles	62.169	443	4.281	73.780
Autopista/autovía urbana	643	3	35	888

Fuente: Dirección General de Tráfico (2018)

El número de accidentes y fallecidos se cifra en un total de 5.955.739.812€ en 2018 como coste total en el sector transportes, ascendiendo hasta 11.216.793.796€ en 2018 contando los gastos en el sector salud (Dirección General de Tráfico, 2018). Una forma de reducir estas cifras es invirtiendo en una conducción más segura, añadiendo a los vehículos sistemas de seguridad que faciliten una conducción más segura. Los vehículos autónomos de nivel 1 vienen integrados con sistemas de seguridad como puede ser la asistencia al carril o el control de crucero, reduciendo la probabilidad de siniestro, sobre todo en la vía interurbana. Todos los vehículos autónomos de nivel 3 o superior pueden hacer el tráfico mucho más seguro que la conducción humana, dado que se quita el factor humano de la conducción. Únicamente son vulnerables ante ciberataques, vehículos autónomos controlados por humanos de manera negligente o fallos en el software que pueda poner en peligro el tráfico (Dresner & Stone, 2008).

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

Se estima que una implantación de los vehículos autónomos podría reducir hasta un 90% los accidentes de tráfico si se implanta completamente esta tecnología (Hawkins & Nurul Habib, 2018).

2.4.4 Comparativa de impactos sobre los vehículos autónomos

Tras exponer todos los posibles efectos de diferentes ordenes que puede suponer la llegada de vehículos autónomos en las ciudades, se muestra una tabla resumen donde se indican los posibles efectos favorables y desfavorables que podrían producir.

Tabla 6. Resumen de impactos.

	Impacto	Efectos favorables	Efectos desfavorables
Impactos de primer orden	Coste de uso del vehículo	A mayor número de VA, menor coste de uso en comparación con el vehículo convencional	Actualmente, mayor coste de uso
	Tiempo de viaje y capacidades de las carreteras	Reducción del tiempo de viajes y aumento de las capacidades de las carreteras. Reducción de la congestión debido a sistemas como CACC	Posible aumento de la congestión al aumentar el número de viajes
	Demandas de viajes	Por cada VAC que entra en circulación, se reduce en 10 el número de vehículos convencionales	Aumento de un 11% de la demanda de viajes tras la entrada de los VA.
Impactos de segundo orden	Usos del suelo	La llegada del vehículo autónomo compartido reducirá en $\frac{3}{4}$ la flota actual, por lo que se puede reducir el espacio vial para transformarlo en espacio para el ciudadano Reducción del 62-87% del estacionamiento actual en el núcleo urbano	Si existe el vehículo autónomo privado, puede incrementarse el número de vehículos hasta en 2100 millones en todo el mundo, por lo que se necesita un mayor espacio vial para los vehículos, aumentando la necesidad de mayor espacio vial
	Dispersión urbana	Se mejora en un 20% la accesibilidad a zonas rurales. La automatización del transporte público favorece la densidad urbana	La entrada de los vehículos autónomos puede generar un aumento en la dispersión urbana si no se aplican medidas para evitarla
	Trayecto Residencia-trabajo	El usuario es capaz de aumentar un 25% de distancia de trayecto	La mayor capacidad de viaje favorece la dispersión urbana

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

Impactos de tercer orden	Economía	Ahorro de 3900\$ en mantenimiento y uso por vehículo autónomo cuando su implantación sea del 90%.	Destrucción de empleo de transporte y logística
		Sector de transporte y logística más eficientes	
	Ambiental	Reducción de emisiones	-
	Seguridad	Reducción del número de accidentes en un 90%	Vulnerable a ciberataques

Fuente: Elaboración propia.

3 Políticas de planificación urbana frente a la llegada de vehículos autónomos

A lo largo de la historia, diferentes regiones y ciudades han tenido que modificar su planeamiento urbanístico por la llegada de un nuevo modo de transporte, como ocurrió con las principales ciudades europeas tras la llegada del ferrocarril o el tranvía (Costa, 2006). Las ciudades han ido experimentando cambios en sus estructuras urbanas debido a las políticas urbanas, que han ido favoreciendo ciertos modos de transporte en detrimento de otros.

Actualmente, las ciudades están experimentando cambios en sus estructuras, favoreciendo principalmente la peatonalización de ciertas zonas muy concurridas y fomentando el uso del transporte público. Estas políticas quedan recogidas en los diferentes planes urbanísticos, que señalan las actuaciones y las políticas que hay que llevar a cabo mientras que el documento siga en vigor.



Ilustración 19. Tranvía de Donostia - San Sebastián.

Fuente: DBus (2021)

Dado que los planes urbanísticos son el instrumento de la administración competente para la planificación de la estructura urbana, que recoge los objetivos y medidas a aplicar en los próximos años para ordenar los diferentes tipos de suelo y alcanzar el proyecto de ciudad deseada, es importante que incluya todas las posibles medidas para encauzar la implantación de los VA (Vitale Brovarone, Scudellari, & Staricco, 2021). Anticiparse a la implantación de los vehículos autónomos dentro de los planes urbanísticos permite potenciar los efectos positivos y paliar todo lo posible los efectos negativos que pueda tener este modo de transporte a la hora de implantarse dentro de un territorio (Cavoli, Phillips, Cohen, & Jones, 2017).

En España, los planes urbanísticos pueden tener una vigencia mayor a 12 años, siendo en algunos casos muy superior debido a que no se aprueba un plan nuevo para sustituir al anterior. Debido a que se espera que la introducción de los vehículos autónomos se

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

produzca entre 2030-2050 (Milakis, Snelder, van Arem, van Wee, & Correia, 2017), es muy importante que en la redacción de los nuevos planes quede reflejado una serie de políticas de planificación urbana para la llegada de este modo de transporte.

3.1 Propuestas de la academia

A pesar de la importancia de planificar con antelación la llegada de los vehículos autónomos, muy pocos equipos de planificación de las ciudades, comunidades o de los estados están desarrollando este tipo de medidas a futuro, dejando que el propio sistema se autorregule sin ejercer ninguna intervención (Legacy, Ashmore, Scheurer, Stone, & Curtis, 2018). Es desde la academia desde donde podemos encontrar algunas pautas y propuestas de planificación detallada para guiar la llegada de esos vehículos.

3.1.1 Propuestas generales

En el estudio realizado por Ferreira et al. (2020) se proponen una serie de pautas para los planificadores a la hora de comenzar a incluir los vehículos autónomos en sus planes. Estas pautas de carácter general tratan de una serie de recomendaciones sobre cómo deben plantear los planificadores urbanos la introducción de este modo de transporte en las ciudades, más que las medidas urbanas que habría que tomar a la hora de planificar. Estas recomendaciones quedan reflejadas en tres grandes bloques, que son:

- Bloque I: Planteamiento sobre la variedad de posibilidades y la creación de alternativas.
- Bloque II: Evaluación de las alternativas y selección para la implementación local.
- Bloque III: Diversos contextos de las alternativas.

Dentro de estos bloques, se marcan una serie de distintas recomendaciones normativas para los planificadores urbanos, como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Recomendaciones normativas para la planificación urbana sobre los vehículos autónomos.

Bloques:	Recomendaciones
Bloque I	<ul style="list-style-type: none"> - Fomentar e impulsar todas aquellas políticas que desarrollen alternativas para el futuro. - Evitar depositar demasiados recursos sobre una alternativa futura en concreto. - Evitar la creación de monopolios empresariales sobre las alternativas, impulsando siempre aquellas alternativas que queden fuera de estos. - Considerar tanto las diferentes opciones sobre los vehículos autónomos (privados, compartidos, transporte público...) como diferentes opciones de transporte (privado convencional, transporte público, transporte ecológico como bicicletas...). - Considerar la alternativa cero.
Bloque II	<ul style="list-style-type: none"> - Para la evaluación de las alternativas, utilizar las metodologías de evaluación más exhaustivas posibles y con ello, promover aquellas alternativas que obtengan puntuaciones más altas. - Evitar utilizar metodologías de evaluación que estén excesivamente vinculadas a un determinado campo (ej.: Análisis Coste-Beneficio y la evaluación económica de un proyecto). - Analizar quiénes son los beneficiados y los perjudicados por una alternativa.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

Bloque III	- Evitar alternativas que dependan de muchos factores para que tengan el resultado que desea.
	- Solamente aceptar y apoyar aquellas alternativas que puedan ser perjudiciales solo si son adecuadas según el marco jurídico vigente y si son democráticamente establecidas.
	- Considerar el uso de auditorías, asesoramiento y eventos de participación ciudadana para la aceptación de cualquier alternativa.
	- Difundir de manera lenta y gradual las alternativas a considerar para no tener resultados inesperados.
	- Ser escéptico frente a los análisis realizados por las grandes empresas tecnológicas que trabajan en el sector.

Fuente: Ferreira et al. (2020)

Por otro lado, González-González, Nogués y Stead (2020) proponen que, tras identificar los valores centrales de la ciudad de estudio, se deben concretar los objetivos y metas a alcanzar con las políticas urbanas que se desean implantar. Con ello, la planificación se puede anticipar para aminorar los impactos negativos que potencialmente puede tener la llegada de los vehículos autónomos compartidos, potenciando a su vez los impactos positivos. Este tipo de metas se pueden desarrollar en nueve objetivos principales (Tabla 8).

Tabla 8. Objetivos para las políticas urbanas de implantación de los VA.

Objetivos	Descripción
1. Promover la equidad e inclusión social	Garantizar la igualdad social, los valores sociales de la ciudad y el apoyo a la diversidad cultural. Con ello, se vería reflejado un aumento de la accesibilidad para toda la ciudadanía, reduciendo la segregación de la población.
2. Reducción de la necesidad de movilidad	Conseguir una ciudad más centrada en los ciudadanos, planificando el uso del suelo para la implantación de los VAC intentando contrarrestar los impactos negativos y fomentando los positivos.
3. Fomentar la movilidad activa	Incrementar la movilidad peatonal y en bicicleta para garantizar una mejora en la salud de la sociedad y habitabilidad de la ciudad. La implantación de los VAC puede amenazar este tipo de movilidad debido a la oferta de servicio puerta a puerta.
4. Modelo multimodal de transporte público	La implantación de un sistema multimodal de transporte público compartido minimizaría el uso del vehículo autónomo privado y o del vehículo autónomo compartido de un solo ocupante. También, se incrementaría la movilidad activa hacia los orígenes de viajes, y desde las paradas hasta el destino final, mejorando la eficiencia del transporte público.
5. Reducción del número de vehículos circulando	Este objetivo tiene como propósito el fomento en la implantación del vehículo autónomo compartido frente al vehículo autónomo privado. Con ello, se conseguiría una liberación de espacio en la ciudad, debido a la reducción en el parking de vehículos de la ciudad.
6. Mayor espacio urbano para el ciudadano	Planificación del espacio vial tras la implantación del VA. Zonas de estacionamientos y ciertos carriles de diversas calles pueden ser replanificadas, con el objetivo de revalorizar el espacio urbano de la ciudad. Estos espacios pueden planificarse como: Zonas verdes, espacios públicos, equipamientos...
7. Redensificación y Regeneración	Garantizar la identidad cultural de los centros urbanos de las ciudades.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

renovación de los centros urbanos	Redensificar y regenerar el centro urbano de la ciudad mediante la regeneración de espacio público y zonas verdes que atraigan al ciudadano.
8. Evitar el aumento de los km recorridos por vehículo y la expansión urbana	Planificar la implantación de los vehículos autónomos con el objetivo de reducir el impacto ambiental mediante la reducción de km recorridos por vehículo, y frenar la dispersión urbana, evitando así una segregación de la población.
9. Seguridad	Garantizar la seguridad de los ciudadanos durante la transición a los vehículos autónomos.

Fuente: González-González, Nogués y Stead (2020)

Tras definir los objetivos fundamentales para crear las políticas urbanas durante la implantación de los vehículos autónomos, se pueden comenzar a desarrollar las fases de planificación y los paquetes con medidas políticas. González-González, Nogués y Stead (2020) proponen 3 fases de planificación distribuidas en el tiempo, en las cuales se van ejecutando una serie de conjuntos de políticas en el ámbito urbano (Ilustración 20).

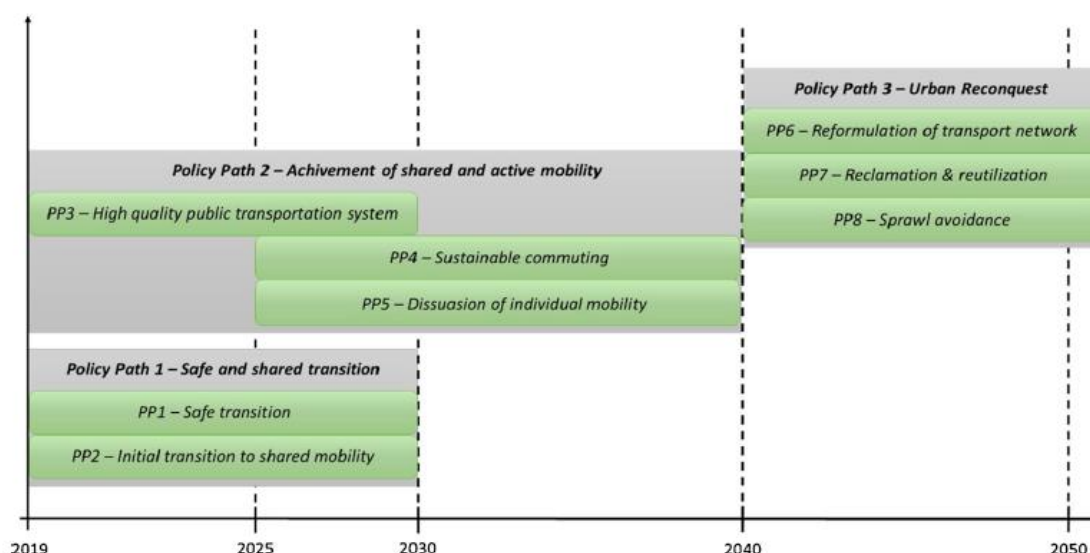


Ilustración 20. Programación de las políticas urbanas sobre la implantación de los vehículos autónomos en el tiempo

Fuente: González-González, Nogués y Stead (2020)

Nogués, González-González y Cordera (2020) evalúan, mediante una encuesta a expertos en planificación urbana, territorial y del transporte, los impactos potenciales de los vehículos autónomos en la ciudad y las políticas/paquetes de políticas que podrían ser más efectivas para alcanzar un escenario de ciudad deseada. Los resultados obtenidos mostraron escepticismo sobre los impactos positivos de los VA frente a una mayor confianza en los potenciales efectos negativos, tales como el aumento de los viajes realizados en coche y la dispersión urbana. De las políticas propuestas, los encuestados consideraron más efectivas para paliar estos efectos y conducir al escenario preferido la potenciación de los modos de movilidad activa y el transporte público, la restricción del acceso de los modos motorizados a las áreas urbanas centrales y el aprovechamiento de los posibles espacios liberados por los vehículos convencionales para otros usos.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

Entre estos usos, Stead y Vaddadi (2019) proponen la creación de áreas públicas verdes y otros elementos correspondientes a infraestructuras verdes, que junto con los sistemas de drenaje sostenible son considerados en muchas ciudades como una manera de integrar la naturaleza.

Estos sistemas de drenaje y de integración de los ecosistemas en las ciudades son compatibles con la entrada de los vehículos autónomos compartidos.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

Tabla 9. Escenario de políticas para los vehículos autónomos.

Escenario	Políticas del escenario
PP1- Coexistencia entre peatones, ciclistas y otros modos de transporte	<ul style="list-style-type: none"> - Carriles exclusivos para vehículos autónomos. - Zonas limitadas de tráfico - Prioridad a ciclistas y peatones
PP2- Promocionar el transporte público y compartido	<ul style="list-style-type: none"> - Inversiones públicas para fomentar el transporte público y compartido - Campañas educativas para fomentar el transporte público y compartido. - Mejoras en las frecuencias, itinerarios y servicios del transporte público
PP3- Transporte compartido para ir al trabajo	<ul style="list-style-type: none"> - Subvenciones a medianas y grandes empresas para implanten los vehículos autónomos compartidos. - Proporcionar transporte público o compartido a los lugares de trabajo. - Crear zonas de trabajo en las ciudades para optimizar el transporte.
PP4- Disuasión del uso individual y la propiedad de vehículos autónomos.	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de las calles y parkings para los vehículos. - Restricciones de acceso al centro de la ciudad para vehículos autónomos vacíos o con un ocupante. - Campañas educativas para disociar el vehículo privado y fomentar el vehículo compartido.
PP5- Mayor espacio libre en las ciudades	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de las calles y parkings para los vehículos. - Creación de parkings disuasorios y fomentar el transporte público y compartido. - Promover el uso de vehículos eléctricos con puntos de carga.
PP6- Reclamo de áreas liberadas	<ul style="list-style-type: none"> - Creación de zonas verdes, zonas deportivas y culturales y zonas de trabajo tras la reducción de los carriles. - Creación de zona para peatones y carriles bici
PP7- Evitar la expansión urbana	<ul style="list-style-type: none"> - Mayores impuestos a las zonas residenciales de las ciudades. - Creación de peajes para recaudar sobre las zonas residenciales.

Fuente: Nogués, González-González y Cordera (2020)

3.1.2 Propuestas de aplicación a casos concretos

Tras comprobar que es una necesidad básica considerar este nuevo modo de transporte dentro de la planificación urbana, hay que decidir cómo deben ser introducidos. Para ello, muchos autores han estudiado cómo puede ser una buena manera de introducir esta tecnología dentro del sistema urbano actual.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

Para comenzar a diseñar las políticas que se van a introducir dentro de los planes de movilidad urbana sostenible, Staricco et al. (2020) recomiendan conocer todo lo posible las condiciones en la que se encuentra la ciudad o la región en cuestión. Su estudio para definir las políticas de implantación más adecuadas lo realizan en la ciudad de Turín, Italia. Esta ciudad es una de las mayores ciudades europeas en propiedad de vehículos por habitantes (660 vehículos por cada 1000 habitantes). La zona de tráfico restringido en esta ciudad representa el 2% de la superficie del área municipal, en la cual también existen muy pocas zonas de 30km/h. El transporte público y el transporte ecológico (como puede ser la bicicleta) representan tan solo el 24.3% y 3% del uso del transporte (EMTA, 2015). Debido a esto, Turín está desarrollando un plan de movilidad urbana sostenible (PMUS), ya que el plan anterior, validado en 2010, solamente dispone de 10 años de vigencia.

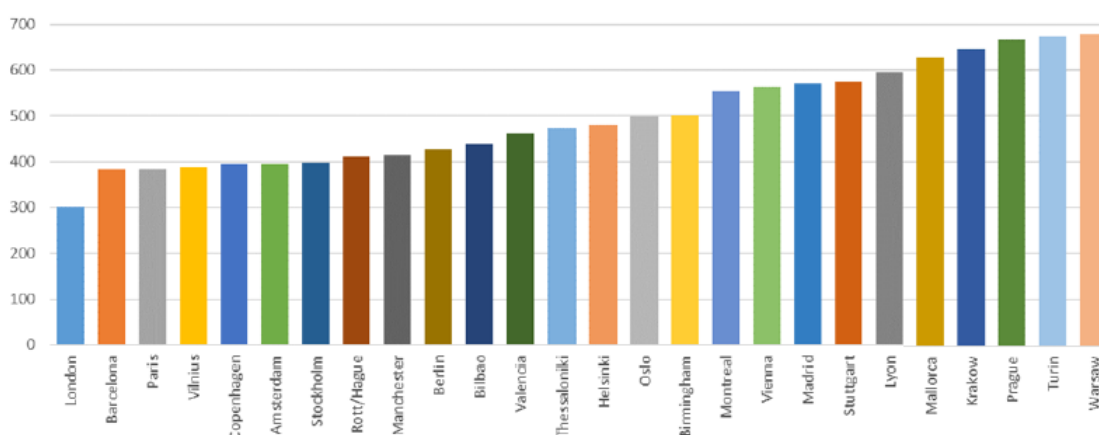


Ilustración 21. Vehículos por cada 1000 habitantes en las principales ciudades europeas.

Fuente: EMTA (2020)

Debido a la necesidad de redacción de este nuevo plan, Staricco et al. (2020) deciden clasificar en seis temas diferentes los principales paquetes de políticas, donde dentro de cada paquete de políticas, cada idea se implanta en un periodo diferente de tiempo. Este periodo de implementación de políticas transcurre entre los años 2020-2050, ya que algunos autores como Milakis et al. (2017) sugieren que la implementación de los vehículos autónomos se realizará entre 2030-2050.

Los diferentes paquetes de políticas son:

- Jerarquía de las carreteras
- Restricciones a la circulación de los vehículos
- Estacionamiento
- Transporte público
- Transporte compartido
- Movilidad activa (a pie y en bicicleta)

Las medidas políticas y los distintos paquetes de políticas descritos en la Tabla 10 son planificadas durante los años 2020-2050. Gran parte de estas medidas quedaron definidas dentro de los primeros diez años (Tabla 11), ya que son necesarias para comenzar a reducir lo antes posible la dependencia del vehículo privado, y comenzar a fomentar entre

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

la ciudadanía el uso del transporte público. Con estas medidas, se pretende asentar la base del cambio entre el vehículo convencional privado y el vehículo autónomo compartido. Staricco et al. (2020) afirman que es muy complejo determinar con precisión en el tiempo cuándo aplicar cada medida, debido a que es complicado llevar a cabo para la administración pública la transición entre los diferentes modos de transporte.

Tabla 10. Medidas y paquete de políticas para el Plan de Movilidad Urbana Sostenible de Turín (PMUS)

Paquete de políticas	Medidas
1. Jerarquía de las carreteras	1.1. Clasificar las carreteras e identificar las principales redes viales y supermanzanas. 1.2. Identificar las principales zonas para realizar test con VA en zonas urbanas.
2. Restricciones a la circulación de los vehículos	2.1. Crear y ampliar las zonas 30km/h. 2.2. Mejorar las limitaciones al tráfico de vehículos privados en el centro urbano. 2.3. Prohibir el tráfico de vehículos privados en el centro urbano. 2.4. Trasformar las grandes manzanas en zonas de tráfico restringido, donde quede prohibido el uso de vehículos privados.
3. Estacionamiento	3.1. Reducir el estacionamiento a vehículos privados y aumento de estacionamiento para vehículos compartidos. 3.2. Desarrollar sistemas de park&ride. 3.3. Construir espacios de estacionamiento de varios pisos de altura a lo largo de la red principal de carreteras 3.4. Eliminar los estacionamientos en la calle
4. Transporte público	4.1. Promover el transporte público. 4.2. Reorganizar las redes de transporte público. 4.3. Promocionar la prueba con transporte público automatizado. 4.4. Crear tranvías autónomos. 4.5. Quitar las líneas de autobuses en las grandes manzanas y promover las lanzaderas o paradas de VA. 4.6. Integrar el transporte público en MaaS.
5. Transporte compartido	5.1. Promover el uso de los vehículos compartidos. 5.2. Mejorar los servicios compartidos. 5.3. Incentivar y apoyar el cambio de la flota de vehículos. 5.4. Promover test de VA compartidos. 5.5. Promover los VA compartidos. 5.6. Integrar los VA compartidos en MaaS.
6. Movilidad activa (caminar y ciclismo)	6.1. Promover la movilidad activa.

Fuente: Staricco, Vitale Brovarone y Scudellari (2020)

Considerando el Plan de Movilidad Urbana Sostenible como la herramienta clave para gobernar el sistema de movilidad urbana de Turín, Vitale Brovarone, et al. (2021) proponen la creación de tres PMUS en diferentes décadas, 2020, 2030 y 2040, para poder definir los objetivos y medidas sobre la implantación de vehículos autónomos de manera más precisa y eficiente. Debido a que el grado de detalle durante el desarrollo de las políticas urbanas es alto, dichas medidas deberán estudiarse para cada barrio con el objetivo de permitir una mejor asimilación en la implantación del vehículo autónomo.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

En el primer PMUS (2020-2030), Vitale Brovarone, et al. (2021) proponen comenzar a desarrollar políticas urbanas para poder estudiar la movilidad de los vehículos autónomos, con el objetivo de abordar la incorporación de los vehículos autónomos en la ciudad. Por ello, se estudia el estado de la infraestructura para comprobar si es necesario adaptarla al nuevo modo de transporte en la siguiente década (Tabla 11). En este PMUS también toma relevancia el fomento del transporte público como medida política para incentivar en el futuro el uso de transportes compartidos, como pueden ser el vehículo autónomo compartido.

Tabla 11. Medidas políticas a adoptar en el PMUS entre el periodo 2020-2030

Paquete de políticas	Medidas a aplicar
1. Jerarquía de las carreteras	1.1. Clasificación de las carreteras e identificar las principales redes viales y supermanzanas. 1.2. Identificar las principales zonas para realizar test con VA en zonas urbanas.
2. Restricciones a la circulación de los vehículos	2.1. Crear y ampliar las zonas 30km/h. 2.2. Mejorar las limitaciones al tráfico de vehículos privados en el centro urbano.
3. Estacionamiento	3.1. Reducir el estacionamiento a vehículos privados y aumento de estacionamiento para vehículos compartidos. 3.2. Desarrollar sistemas de park&ride. 3.3. Construir espacios de estacionamiento de varios pisos de altura a lo largo de la red principal de carreteras
4. Transporte público	4.1. Promover el transporte público. 4.2. Reorganizar las redes de transporte público. 4.3. Promocionar la prueba con transporte público automatizado.
5. Transporte compartido	5.1. Promover el uso de los vehículos compartidos. 5.2. Mejorar los servicios compartidos. 5.3. Incentivar y apoyar el cambio de la flota de vehículos. 5.4. Promover test de VA compartidos.
6. Movilidad activa	6.1. Promover la movilidad activa.

Fuente: Vitale Brovarone, Scudellari y Staricco (2021)

Durante el siguiente PMUS (2030-2040), se comienzan a implementar los vehículos autónomos dentro de la ciudad de Turín como modo de transporte compartido. Debido a que en el anterior PMUS (2020-2030) se comenzó a acondicionar la ciudad para la implantación de los vehículos autónomos, en este periodo se espera la completa implementación de estos, teniendo toda la infraestructura urbana y de movilidad preparada para el uso de este modo de transporte. Con este acondicionamiento de la infraestructura urbana, el PMUS debe fomentar la movilidad activa de los ciudadanos (caminar, uso de bicicleta...), ya que la ciudad se encuentra en una condición óptima para desarrollar este tipo de transporte (Tabla 12).

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

Tabla 12. Medidas políticas a adoptar en el PMUS entre el periodo 2030-2040

Paquete de políticas	Medidas a aplicar
2. Restricciones a la circulación de los vehículos	2.3. Prohibir el tráfico de vehículos privados en el centro urbano.
3. Estacionamiento	3.3. Construir espacios de estacionamiento de varios pisos de altura a lo largo de la red principal de carreteras
4. Transporte público	4.1. Promover el transporte público. 4.4. Crear tranvías autónomos.
5. Transporte compartido	5.1. Promover el uso de los vehículos compartidos. 5.4. Promover test de VA compartidos.
6. Movilidad activa	6.1. Promover la movilidad activa.

Fuente: Vitale Brovarone, Scudellari y Staricco (2021)

Durante el último PMUS (2040-2050), Vitale Brovarone et al. (2021) esperan que la reducción del transporte privado sea completa, siendo el vehículo autónomo compartido, junto con el transporte público y la movilidad activa, los únicos modos de transporte dentro de la ciudad de Turín. Una vez logrado este objetivo, todos los modos de transporte quedan integrados como un único servicio, debido a la integración de ellos como MaaS (Mobility as a Service). El principal motivo para este planteamiento es priorizar el transporte público dentro de la ciudad, siendo el vehículo autónomo el principal modo de transporte fuera del centro de la ciudad (Tabla 13).

Tabla 13. Medidas políticas a adoptar en el PMUS entre el periodo 2040-2050.

Paquete de políticas	Medidas a aplicar
2. Restricciones a la circulación de los vehículos	2.4. Trasformar las grandes manzanas en zonas de tráfico restringido, donde quede prohibido el uso de vehículos privados.
3. Estacionamiento	3.3. Construir espacios de estacionamiento de varios pisos de altura a lo largo de la red principal de carreteras 3.4. Eliminar los estacionamientos en la calle
4. Transporte público	4.1. Promover el transporte público. 4.5. Quitar las líneas de autobuses en las grandes manzanas y promover las lanzaderas o paradas de VA. 4.6. Integrar el transporte público en MaaS.
5. Transporte compartido	5.1. Promover el uso de los vehículos compartidos. 5.6. Integrar los VA compartidos en MaaS.
6. Movilidad activa	6.1. Promover la movilidad activa.

Fuente: Vitale Brovarone, Scudellari y Staricco (2021)

3.2 Primeras aplicaciones internacionales, el caso de Estados Unidos

Pese a la importancia de planificar con antelación la posible llegada de cualquier nuevo modo de transporte, en muchos de los países más avanzados tecnológicamente aún no se

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

han comenzado a desarrollar políticas urbanas y movilidad para la implantación de los vehículos autónomos (Legacy, Ashmore, Scheurer, Stone, & Curtis, 2018). Por el contrario, en Estados Unidos, según señala KMPG (2020) en su informe anual sobre el Índice de Preparación de VA, algunos estados ya llevan años planificando con políticas urbanas y legislativas la llegada de este modo de transporte, mientras que otros estados siguen pendientes de tomar medidas.

Como se ha comentado anteriormente, en el desarrollo de las políticas urbanas y de movilidad es importante tener en cuenta la necesidad de anticiparse a través de los planes urbanísticos, para poder incluir con antelación las directrices a la hora de comenzar a implementar estos automóviles. Para ello, es interesante comprobar qué políticas han diseñado los países que sí han comenzado a incluir los vehículos autónomos en sus planes urbanísticos y guías de desarrollo de las ciudades.

En Estados Unidos, la planificación para la entrada de los vehículos autónomos lleva desarrollándose durante años por los departamentos de transporte de los estados, y por las grandes ciudades. Este país, constituido como una república federal constitucional, es uno de los líderes mundiales tanto a nivel tecnológico como económico (PWC, 2017). Debido a esto, es frecuente ver en este país cómo desarrollan nuevas tecnologías con la intención de implementarlas en la sociedad.

Según el informe anual sobre la integración de los vehículos autónomos de KPMG (2020), Estados Unidos se posiciona como el cuarto país con mejor índice para la posible entrada de este modo de transporte en su sistema vial. Tecnológicamente es el segundo país mejor posicionado de la lista, prueba de la cantidad de ensayos y experimentos llevados a cabo en sus diferentes ciudades. En cuanto a la política y legislación, se encuentran en el sexto puesto. Esto puede ser debido a que, de las 25 grandes ciudades del país, solamente el 36% de ellas han integrado los vehículos autónomos en sus planes de transporte o de urbanismo (mayoritariamente en los planes de transporte) (Freemark, Hudson, & Zhao, 2019).

Para poder estudiar la planificación de movilidad en los Estados Unidos se han analizado principalmente los planes de movilidad a nivel estatal y local. En algunos estados de los Estados Unidos han realizado pruebas con los vehículos autónomos o están circulando actualmente como servicio. Para tener en cuenta qué ciudades escoger a la hora de analizar sus planes, Freemark et al. (2019) realizó un estudio basándose en las 25 mayores ciudades de los Estados Unidos, mientras que Saghir y Sands (2020) realizaron consultas a los planificadores urbanos de las mayores metrópolis de los Estados Unidos. Los planificadores solicitados (Ilustración 22), mayormente coinciden con las ciudades de mayor población ubicadas tanto en el este como en el oeste del país.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres



Ilustración 22. Mapa de calor de los planificadores que han incluido los vehículos autónomos en sus políticas.

Fuente: Saghir y Sands (2020)

Por ello, se ha decidido crear una lista (Tabla 14) combinando la muestra de ciudades y estados indicados tanto por Freemark et al. (2019) como por Saghir y Sands (2020) para buscar dentro de los planes de urbanismo y movilidad.

Tabla 14. Enumeración de estados y ciudades en la búsqueda de planes urbanísticos y de movilidad.

Enumeración de estados para la búsqueda de planes de movilidad

California	Washington	Colorado
Nevada	Utah	Minnesota
Wisconsin	Illinois	Arizona
Michigan	New Jersey	Florida
Massachusetts	Georgia	Pensilvania
Texas	New York	Maryland

Enumeración de las ciudades para la búsqueda de planes de movilidad

New York (NY)	Los Angeles (CA)	Chicago (IL)
Houston (TX)	Phoenix (AZ)	Philadelphia (PA)
San Antonio (TX)	San Diego (CA)	Dallas (TX)
San Jose (CA)	Austin (TX)	Jacksonville (FL)
San Francisco (CA)	Columbus (OH)	Indianapolis (IN)
Fort Worth (TX)	Charlotte (NC)	Seattle (WA)

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

Denver (CO)	El Paso (TX)	Washington (DC)
Boston (MA)	Detroit (MI)	Nashville (TN)
Memphis (TN)	Miami (FL)	Newark (NJ)

Fuente: Elaborado a partir de los artículos de Freemark, Hudson y Zhao (2019, págs. 140-141) y Saghir y Sands (2020, pág. 6)

En la mayoría de estos documentos existe un apartado dedicado a los vehículos autónomos donde únicamente se menciona la “innovación” que supone este medio de transporte, pero no indican medidas de planificación para la introducción de estos vehículos (Freemark, Hudson, & Zhao, 2019). Por el contrario, en otros planes sí que llegan a indicar algunos impactos que puede tener en la propia ciudad, dando levemente alguna idea para un planeamiento futuro. En la Tabla 15 se recogen diferentes ideas mencionadas en algunos planes de movilidad y transporte.

Tabla 15. Medidas de planeamiento en los diferentes planes de movilidad y transporte en Estados Unidos.

Planes de Movilidad y Medidas de planeamiento Transporte

Smart Mobility Roadmap: Austin’s Approach to Shared, Electric, and Autonomous Vehicle Technologies (Austin Government, 2017)	<ul style="list-style-type: none"> • Participación ciudadana para poder planificar satisfaciendo las necesidades de los ciudadanos. • Desarrollar una hoja de ruta. • Creación de grupos que examinen las infraestructuras de la ciudad para determinar las implementaciones y requisitos que necesita los AV. • Políticas ecológicas y sostenibles para fomentar la conciencia pública sobre el uso de modos de transporte sostenibles. • Creación de una red para vehículos autónomos (Estacionamiento, puntos de carga, paradas...) • Crear zonas de peaje por circulación al vehículo convencional según se integre otros modos de transporte. • Crear políticas para gestionar activamente el espacio de la acera en la vía pública.
Go Boston 2030 Vision and Action Plan (Boston Transportation Department, 2017)	<ul style="list-style-type: none"> • Creación de una red de infraestructura para los vehículos autónomos. • Separar el tráfico de la ciudad para cada modo de transporte para facilitar el uso y mejorar la eficiencia. • Rediseñar el sistema vial de la ciudad.
Urban Mobility in a Digital Age (Los Angeles Department of Transportation, 2016)	<ul style="list-style-type: none"> • Creación de un grupo de trabajo para planificar la llegada del vehículo autónomo. • Implementación de sistemas de detección para reducir las colisiones en puntos ciegos.
New Mobility Playbook, Appendix C: Preliminary Automated Mobility	<ul style="list-style-type: none"> • Estudiar la posibilidad de expandir el espacio peatonal y la creación de espacio verde dentro de la ciudad. • Estudiar la posibilidad de separar el espacio urbano para cada modo de transporte. • Posibilidad de crear un espacio vial únicamente para vehículos autónomos de alta ocupación. • Fomentar la multimodalidad.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

Policy Framework (Seattle Department of Transportation, 2016)	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar una red de vehículos compartidos para las zonas residenciales de la ciudad. • Colocar estaciones por la ciudad para el uso del vehículo autónomo. • Exigir que las nuevas construcciones se ajusten y sean compatibles con los futuros modos de transporte. • Exigir que todos los nuevos estacionamientos incluyan carga eléctrica.
----------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: Elaboración propia

Es muy importante estudiar los posibles impactos, ya que a través de ellos se deben desarrollar las políticas urbanas para la incorporación de estos vehículos. Debido a esto, es necesario que cada ciudad y región comience a analizar cómo pueden afectar a su territorio los vehículos autónomos y cómo debe actuar para planificar su llegada. A este respecto, existen diversas guías de diferentes entes que marcan algunos aspectos que hay que tomar en la planificación urbanística, como son:

- **“Federal Automated Vehicles Policy Accelerating the Next Revolution In Roadway Safety”**, producida por el Departamento de Transporte de los Estados Unidos junto con NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration).
- **“Driving towards driverless: a guide for government agencies”** de Lauren Isaac, en colaboración con WSP y Parsons Brinckerhoff.
- **“Blueprint for Autonomous Urbanism: Second Edition”** de NACTO (National Association of City Transportation Officials)
- **“Beyond speculation automated vehicles and public policy an action plan for federal, state, and local policymakers”** producida por Eno Center for Transportation

Primeramente, se debe definir cuáles son las áreas de actuación de cada nivel administrativo. Según el “Blueprint for Autonomous Urbanism: Second Edition” (NACTO, 2019), cada nivel administrativo debe ocuparse de diferentes áreas para poder coordinar las actuaciones con la mayor eficiencia posible. Traspasando el nivel administrativo a España, se puede asemejar el nivel federal al poder legislativo del gobierno central, el nivel estatal al nivel legislativo de la comunidad autónoma, y el nivel comarcal/local al nivel provincial de este país. También existe el nivel municipal dentro de España, por lo que es un agente más a la hora de planificar. Estas áreas y actuaciones propuestas por NACTO quedan divididas como:

Tabla 16. Áreas de actuación de los diferentes niveles administrativos.

Nivel administrativo	Área de actuación
Gobierno Federal	<ul style="list-style-type: none"> - Regulación de los vehículos autónomos - Seguridad de los vehículos - Creación de un plan para diseño de las calles
Gobierno Estatal	<ul style="list-style-type: none"> - Licencias - Diseño de las zonas interurbanas - Normas de tráfico interurbanas

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

Gobierno Local	<ul style="list-style-type: none"> - Diseño de las zonas urbanas - Zonificación - Seguridad cibernética - Normas de tráfico urbanas
-----------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: NACTO (2019)

El diseño de las calles es fundamental a la hora considerar la implementación de los vehículos autónomos. Las políticas europeas en materia de urbanismo abogan por un desarrollo urbanístico sostenible y ecológico, donde los modos de transporte más respetuosos con el medio ambiente deberían ser los principales modos de transporte para los ciudadanos. En la era de los modos de transporte autónomos, el tejido urbano deberá estar principalmente diseñado para los peatones, los ciclistas y el transporte urbano. Con la llegada de los vehículos autónomos compartidos y su correspondiente reducción del tráfico, el urbanismo debe devolver al ciudadano el espacio vial que sobra tras la salida del vehículo convencional.

No solo la incorporación de los vehículos autónomos, sino que desde la automatización del vehículo tradicional (Nivel 1 de automatización) con los sistemas ADAS (Advanced Driver Assistance Systems) hacen que se pueda reordenar el espacio viario y urbano en las ciudades. Estos sistemas de asistencia a la conducción permiten tanto una conexión del entorno urbano con el vehículo (cumplimiento del límite de velocidad, presencia de obstáculos en la calzada, etc.) como una conexión entre vehículos (control de cruce adaptativo), por lo que estos sistemas mejoran la fluidez del tráfico urbano (Arnaout & Bowling, 2011). Como consecuencia de esta mejora de la fluidez, el espacio vial puede ser reestructurado, cediendo parte del espacio vial actual al peatón, permitiendo una reorganización de la trama urbana.

Por eso, NACTO (2019) propone diversos cambios en el espacio vial urbano y en el código de tráfico para ir adaptando la ciudad a los vehículos autónomos. Estos cambios están asociados al desarrollo de las nuevas tecnologías, permitiendo que la calle pueda ser adaptada para la implantación del vehículo autónomo. Estas adaptaciones dan prioridad a la movilidad activa, entregándole al ciudadano una ciudad mucho más consolidada y una mayor facilidad para desplazarse a pie por ella.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

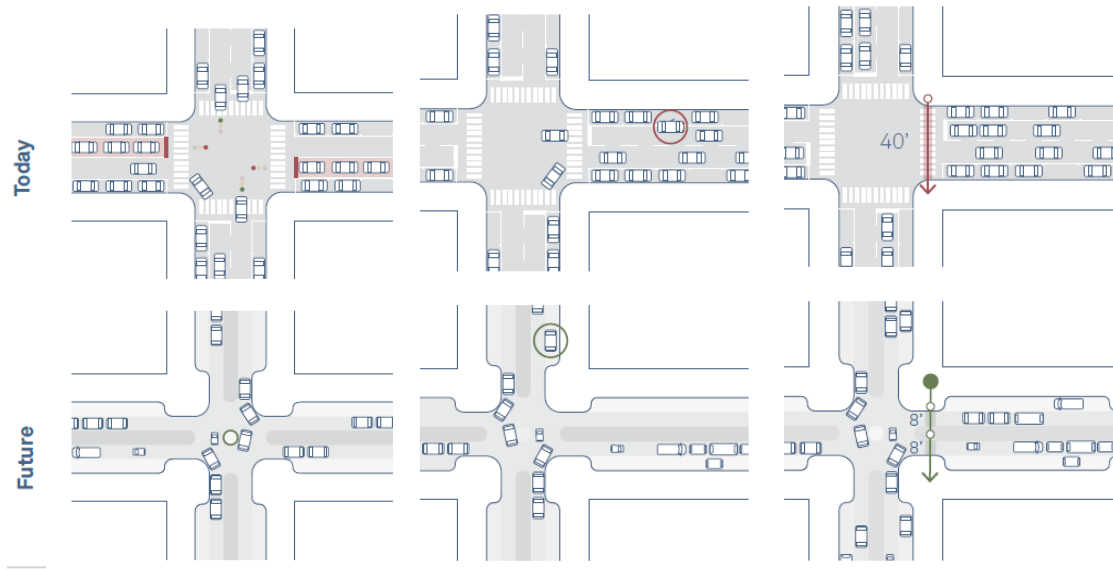


Ilustración 23. Cambios en la infraestructura vial y en las aceras.

Fuente: NACTO (2019)

3.3 La planificación en España

Desde la creación e implantación del vehículo convencional, se ha tratado de legislar, planificar y regularizar todas las políticas de planificación urbana en torno a este modo de transporte. El transporte se ha convertido en una parte esencial del funcionamiento de la economía local y estatal, por lo que los entornos urbanos tienen que estar adaptados a esta necesidad de movimiento. Debido a la relación multidireccional existente entre el transporte y el urbanismo (Soteropoulos, Bergera, & Ciarib, 2019), cualquier modificación urbanística puede afectar al transporte, y, por tanto, a la economía local y viceversa. Un cambio en las directrices del modelo urbanístico o del modo de transporte principal, como puede ser la introducción de los vehículos autónomos compartidos, puede alterar por completo el planeamiento de una ciudad. Es por ello por lo que es fundamental marcar unas directrices a la hora de comenzar a realizar una planificación de cara al futuro, y tener en cuenta todas las posibles variables que puedan afectar este sistema.

Actualmente en España no existe ninguna referencia dentro de las diferentes figuras de planeamiento urbanísticas o de movilidad sobre la integración de los vehículos autónomos. Muchos de los Planes Generales de Ordenación Urbana son diseñados para un periodo de implementación de dos o tres cuatrienios, unos 12 años, pero quedan vigentes durante un mayor periodo de tiempo, como es el caso del municipio de Santander (Plan General de Ordenación Urbana de Santander, 1997). Debido a esto, cuando se plantea realizar un nuevo plan urbanístico o de movilidad, es necesario acordar las directrices a introducir en el caso de que en un futuro (mayor al periodo vigente del propio plan) se implante un nuevo modo de transporte.

En cambio, sí se están desarrollando en España políticas de desarrollo sostenible dentro de las ciudades, como puede ser el fomento del transporte público, la peatonalización de los centros urbanos o la implantación de espacios e infraestructura verde, con el objetivo

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

de reducir las emisiones y paliar los efectos del cambio climático dentro de las ciudades, y con ello, mejorar la salud de los ciudadanos. Estas políticas de desarrollo sostenible son compatibles tanto con los nuevos modos de transporte que se plantean para el futuro (vehículo autónomo compartido, transporte público autónomo) como con las nuevas tecnologías que se están implantando al transporte (motores híbridos y eléctricos, sistemas avanzados de asistencia al conductor...). Estas políticas deben ser recogidas en los diferentes planes urbanísticos, tratando de integrar las infraestructuras, equipamientos o los espacios verdes de las ciudades en el planteamiento de los nuevos modos de transporte

La Agenda 2030 es un compromiso firmado por diversos países en el cual se comprometen a hacer frente a retos en diferentes materias de carácter social, económico o medioambiental. España ha tomado los objetivos marcados en la Agenda 2030 para definir sus propios objetivos como base para diferentes ámbitos políticos. En materia urbanística y de transportes, los objetivos para el futuro son (Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana, 2019):

- Reducción de las desigualdades en conectividad territorial en las ciudades medianas y territorios insulares. Mejora de la infraestructura de los servicios de transporte ofertado y la accesibilidad de dichos servicios.
- Construcción de las infraestructuras necesarias para mejorar la accesibilidad a las ciudades con mayor volumen de tráfico.
- Fomento de las actuaciones que ayuden a aumentar el uso del transporte público en los accesos a las grandes urbes, planificando la creación de plataformas o carriles reservados para dichos servicios.
- Inversión en potenciar el ferrocarril en los accesos a las grandes ciudades y áreas metropolitanas.
- Dotación de grandes terminales interurbanas de largo recorrido con conexiones al transporte urbano y metropolitano.
- Adaptación del medio natural a las ciudades, disponiendo de zonas verdes.

Desde el Ministerio de Fomento (2010) se han marcado diferentes indicadores a cumplir para el planeamiento urbanístico en diferentes ámbitos de este. Con ello, se ha querido garantizar unos mínimos y establecer unos valores deseados a la hora de realizar un plan urbanístico. En la Tabla 17 se pueden ver los diferentes indicadores que da el Ministerio con sus recomendaciones.

Tabla 17. Indicadores de Sostenibilidad.

Indicador	Definición	Escala	Valor deseable
Densidad de población	Número de habitantes por hectárea considerando solamente el área urbana consolidada (suelo urbano)	Municipal (Urbana) Inframunicipal	Densidad mínima en ciudades medias-grandes: $>120 \frac{hab}{ha}$
Compacidad urbana	El nivel de compacidad se define como la relación entre el espacio utilizable de los edificios (volumen) y el espacio en	Municipal (Urbana)	Compacidad deseable en ciudades medias-grandes:

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

	superficie urbana (área) considerando solamente el área urbana consolidada (suelo urbano).	Inframunicipal	> 5 (m ³ /m ²) (para un mínimo del 50% del suelo urbano)
Zonas verdes por habitantes	Relación entre los metros cuadrados de zonas verdes existentes por habitante considerando solamente el área urbana consolidada (suelo urbano).	Municipal (Urbana) Inframunicipal	>10-15 m ² /hab.
Distribución modal del transporte urbano	El indicador de reparto modal muestra qué tipos de transporte utiliza mayoritariamente la ciudadanía y su proporción con el número total de viajes.	Municipal	< 10-20% de viajes en vehículo privado
Espacio viario para peatones	Este indicador mide el porcentaje de espacio viario para peatones sobre la longitud y el área total de las calles de la ciudad considerando solamente el área urbana consolidada (suelo urbano). El viario peatonal es el espacio destinado de forma exclusiva al tránsito peatonal: calles peatonales, ramblas, paseos, bulevares y aceras. El viario no peatonal son: calzadas, aparcamientos, divisores de tráfico.	Municipal (Urbana) Inframunicipal	>65-75% de espacio viario para peatones
Espacio viario para bicicletas	Este indicador mide el espacio viario destinado exclusivamente al desplazamiento en bicicleta con relación a la longitud total de las calles de la ciudad.	Municipal (Urbana) Inframunicipal	Subindicador: >80% población (proximidad carril bici a menos de 300m)
Espacio viario para transporte público	Este indicador mide el espacio viario con carril de autobús urbano con relación a la longitud total de las calles de la ciudad.	Municipal (Urbana) Inframunicipal	Subindicador 1: >80% población (proximidad a parada transporte público a menos de 300m)
Proximidad a servicios urbanos básicos	Este indicador mide el porcentaje de población que vive cerca de servicios básicos públicos y de zonas verdes.	Municipal (Urbana) Inframunicipal	>75% población con acceso simultáneo

Fuente: Ministerio de Fomento (2010)

Otros documentos, como el Libro Verde de la Sostenibilidad Urbana y Local en la Era de la Información, publicado por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2012) marcan una serie de objetivos a realizar en el ámbito urbanístico para conseguir ciudades compactas y sostenibles. Estas directrices tratan de evitar problemas (ambientales, urbanísticos...) actuales o futuros que se desarrollarán en las ciudades. Estos objetivos son:

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

- Asociar los planes urbanísticos con los instrumentos estratégicos de diferentes sectores de un mismo territorio.
- Incluir en todos los planes urbanísticos un Plan Especial de Indicadores de Sostenibilidad para poder desarrollar correctamente el Plan Urbanístico.
- Incorporar en todos los tipos de planeamiento la participación efectiva de todos los agentes urbanos.
- Crear y redefinir instrumentos urbanísticos para poder integrar diferentes herramientas de planificación, con el objetivo de tener un control sobre diversos aspectos del urbanismo a corto y largo plazo.
- Garantizar las condiciones urbanas de los nuevos tejidos urbanos creados, estableciendo una densidad mínima de 45 viviendas/hectárea.
- Estudiar los costes sociales y ambientales de la desurbanización del territorio.
- Crear proyectos de reurbanización de aquellas zonas urbanas dispersas, enfocando el transporte alternativo al vehículo privado, corredores verdes, redes de transporte público con elementos de unión...
- Potenciar los espacios verdes dentro de las ciudades.
- Delimitar el porcentaje de viario público para el tráfico del automóvil a no más de un 25%.
- Fomentar dentro de los espacios residenciales los servicios necesarios para la vida cotidiana.
- Desarrollar planes urbanísticos donde se fomente el modelo de ciudad compleja.

4 Implementación de los vehículos autónomos en la ciudad de Santander

Como caso de estudio para la aplicación de los conocimientos adquiridos durante el desarrollo de este trabajo se ha elegido la ciudad de Santander, capital de la Comunidad Autónoma de Cantabria. Este caso constituye un buen ejemplo de ciudad media en la cual puede resultar de interés la implementación, dentro del municipio, de diferentes medidas de adaptación de los vehículos autónomos a la movilidad urbana, especialmente teniendo en cuenta que actualmente está comenzando el proceso de revisión de su vigente PGOU, que data de 1997.

El municipio de Santander, ubicado en el norte de España, cuenta con una población de 173.375 habitantes en 2020 (ICANE, 2019 b). Desde el año 2001 la población de Santander presenta una evolución decreciente, además, según datos del ICANE, las previsiones para las décadas muestran tendencias negativas en el crecimiento de la población del área de estudio. Este descenso se estima en torno a 149.599 habitantes para el año 2039 (ICANE, 2019 c). Esta tendencia en cuanto al decrecimiento de la población dentro de las ciudades a favor de la periferia de estas es común en España.

El municipio dispone de una extensión de 36 km², siendo la mayor parte de su territorio limítrofe con la bahía de Santander. Los municipios colindantes con Santander son Santa Cruz de Bezana y Camargo (Ilustración 24).



Ilustración 24. Municipio de Santander.

Fuente: Elaboración Propia a partir de datos de Mapas Cantabria (2021)

Santander, al ser capital de provincia, tiene influencia en los diferentes municipios de su entorno territorial, habiéndose desarrollado un área de influencia metropolitana con los municipios más cercanos a Santander, con los que mantiene relaciones intensas y

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

frecuentes, y un hinterland o área de influencia urbana que incluye los municipios donde hay una atracción de viajes hacia la capital de carácter más esporádica (ICANE, 2019 a).

Tabla 18. Lista de municipios y número de habitantes del arco metropolitano de Santander y del área de influencia de Santander.

Zona demográfica	Municipios	Habitantes
Arco Metropolitano de Santander	Santander, El Astillero, Camargo, Marina de Cudeyo, Ribamontán al Mar y Santa Cruz de Bezana.	241.317
Área de influencia urbana de Santander	Santander, El Astillero, Camargo, Marina de Cudeyo, Ribamontán al Mar, Santa Cruz de Bezana, Castañeda, Entrambasaguas, Liérganes, Medio Cudeyo, Penagos, Piélagos, Puente Viesgo, Ribamontán al Monte, Riotuerto, Santa María de Cayón y Villaescusa.	306.819

Fuente: Datos obtenidos de ICANE (2019 b) e (2019 a)

4.1 Análisis de la ciudad de Santander

En este apartado se realiza un análisis del municipio de Santander en atención a tres ámbitos, un análisis territorial, un análisis socioeconómico de la situación actual de los distintos distritos que componen Santander y un análisis de los equipamientos y zonas verdes.

Este análisis permitirá detectar las necesidades del municipio para la implantación de los vehículos autónomos.

4.1.1 Análisis territorial

El municipio de Santander se encuentra dividido en 8 distritos estando, a su vez, cada distrito dividido en diferentes secciones. El núcleo urbano lo componen los primeros 7 distritos, llegando a contener el 76% de la población del municipio. El distrito 8, constituido por diversos barrios como Peñacastillo, Montaña, El Alisal, La Albericia, San Román o Monte Cueto, es el distrito más rural, y cuenta con edificaciones mayoritariamente de uso residencial. Este distrito alberga el 24% restante de la población del municipio de Santander, a pesar de que dispone del 65,7% de la superficie total del municipio, haciendo que este distrito sea el que mayor dispersión urbana presenta de todo el municipio (ICANE, 2019 b). Los distritos que cuentan con una mayor densidad poblacional son los distritos ubicados en el centro urbano, es decir, los distritos 1, 2, 3 y 6 (Tabla 19).

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

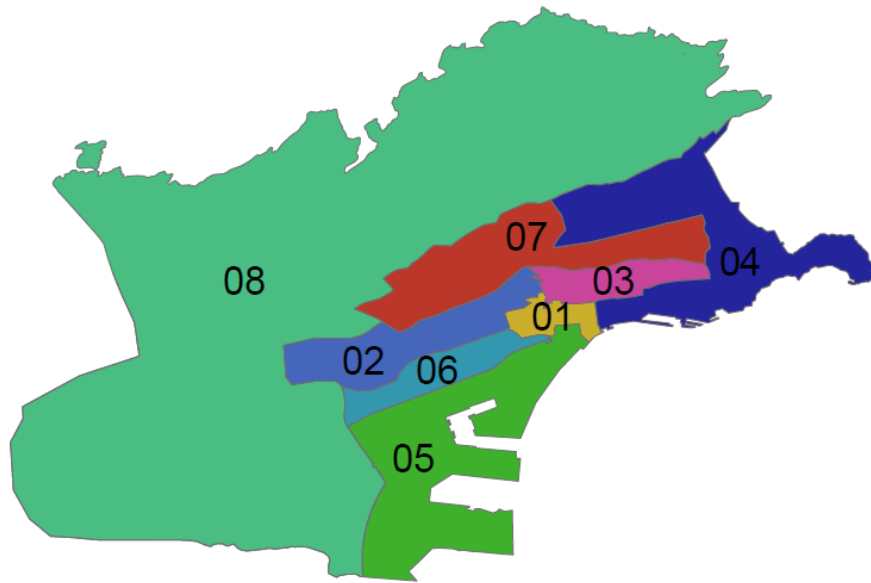


Ilustración 25. Distritos de Santander.

Fuente: Elaboración propia a partir de Santander Datos Abiertos (2013)

Tabla 19. Densidad poblacional de cada distrito de Santander.

Distrito	Nombre del distrito	Densidad poblacional (hab/km²)
01	Centro urbano	27022,4
02	Cazoña, Cuatro Caminos, Camilo Alonso Vega, San Fernando y General Dávila	18922,2
03	General Dávila, alto Miranda, Menéndez Pelayo, Tetuán, Santa Lucía, Vía Cornelia	22952,1
04	Puerto Chico, Sardinero, Las Llamas, Los Castros este	5694,8
05	El Puerto, Barrio Pesquero, Castilla Hermida, Correos	5189,2
06	Valdecilla, Calle Alta, Calle Vargas, Estaciones	19071,5
07	Los Castros oeste, Monte sur, La Albericia	12622,7
08	Peñacastillo, Montaña, El Alisal, La Albericia, San Román, Monte Cueto	1811,8

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos ofrecidos por Santander Datos Abiertos (2013) y ICANE (2011)

A su vez, como se ha mencionado previamente, cada uno de los distritos se compone de diversas secciones y/o barrios. Tanto el número de secciones como su distribución espacial son irregulares y únicos en cada uno de los distritos, desde el distrito 1 solamente dividido en 10 secciones, hasta distritos más complejos como el 8 dividido en 29 (Ilustración 26).

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

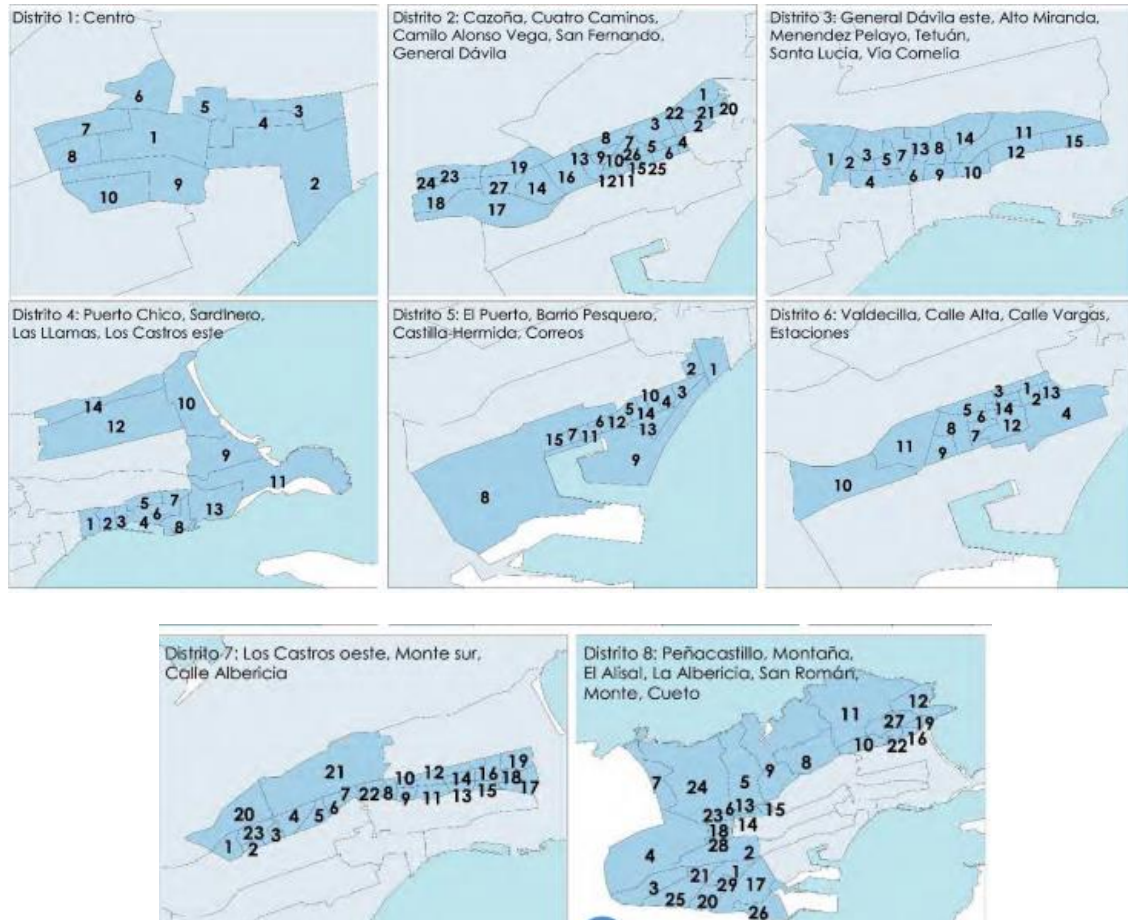


Ilustración 26. Secciones de los distritos de Santander

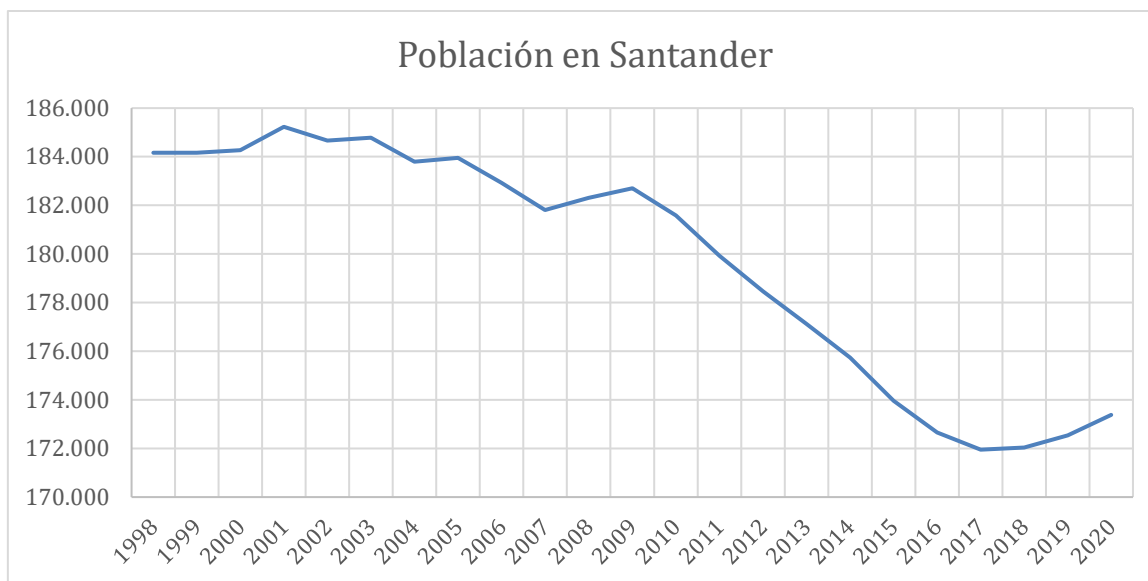
Fuente: ICANE (2019 d)

4.1.2 Análisis socioeconómico

La población del municipio de Santander ha experimentado en las últimas décadas un descenso de su población que, unido a la reducción de número de nacimientos, ha provocado un envejecimiento de su población (ICANE, 2019 c). Desde el año 2001 hasta el año 2018 se ha producido un descenso de la población pasando de los 185.231 habitantes hasta los 172.044 habitantes. Este descenso fue especialmente acusado entre los años 2009 y 2017 (Gráfica 2), año este último a partir del cual se ha producido un cambio de tendencia, con un ligero incremento de la población del municipio.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

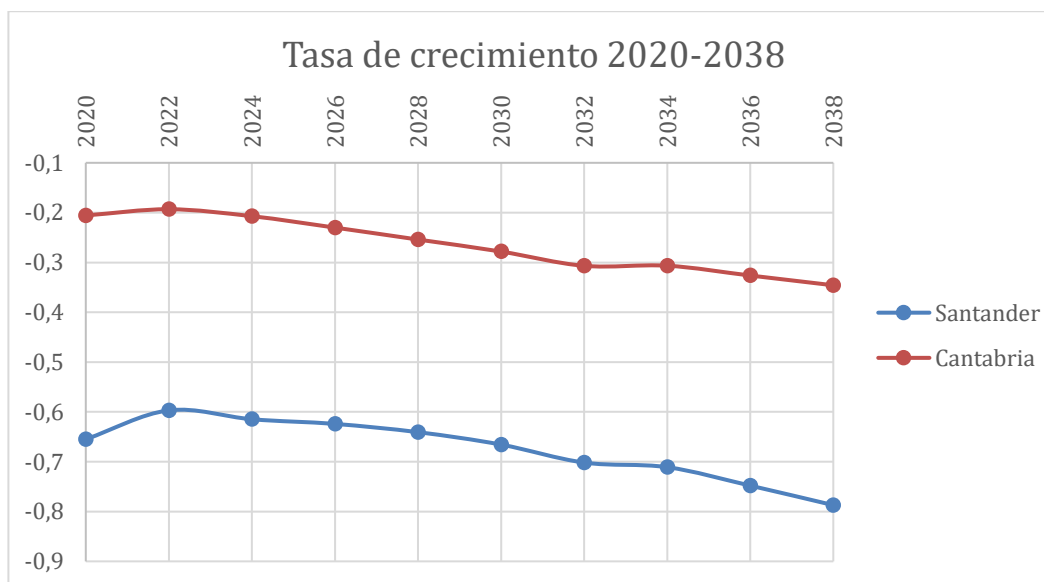
Antonio Jesús Milla Torres



Gráfica 2. Población de Santander

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del ICANE (2019 b)

A pesar de esta tendencia en los últimos 3 años, un estudio realizado por el Instituto Cántabro de Estadística argumenta la posibilidad de que se produzca un decrecimiento de la población para los próximos 20 años (ICANE, 2019 c), con una tasa media de decrecimiento de 0,68%. Para la Comunidad Autónoma, en la actualidad, esta tasa media de decrecimiento se sitúa en un 0,28%, aunque, la tendencia de decrecimiento para ambos casos es similar (Gráfica 3).



Gráfica 3. Tasa de crecimiento para Cantabria y Santander durante 2020-2038.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos ofrecidos por el ICANE (2019 c).

Esta situación de decrecimiento de la población municipal no es homogénea por rangos de edad. Así, mientras la población joven y adulta (inferior a 65 años) disminuye, la

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

población con más de 65 años aumenta. Este envejecimiento de la población no supone un hecho aislado en el marco nacional, ya que España cuenta con uno de los procesos de envejecimiento demográfico más rápidos de la Unión Europea (Eurostat, 2020). Las previsiones futuras señalan un crecimiento del grupo de ancianos y en particular del subgrupo de mayores de 80 años denominado "sobre-envejecimiento" y sugieren que la tasa de dependencia aumentará en los próximos años.

Tabla 20. Distribución de población según los principales grupos de edad.

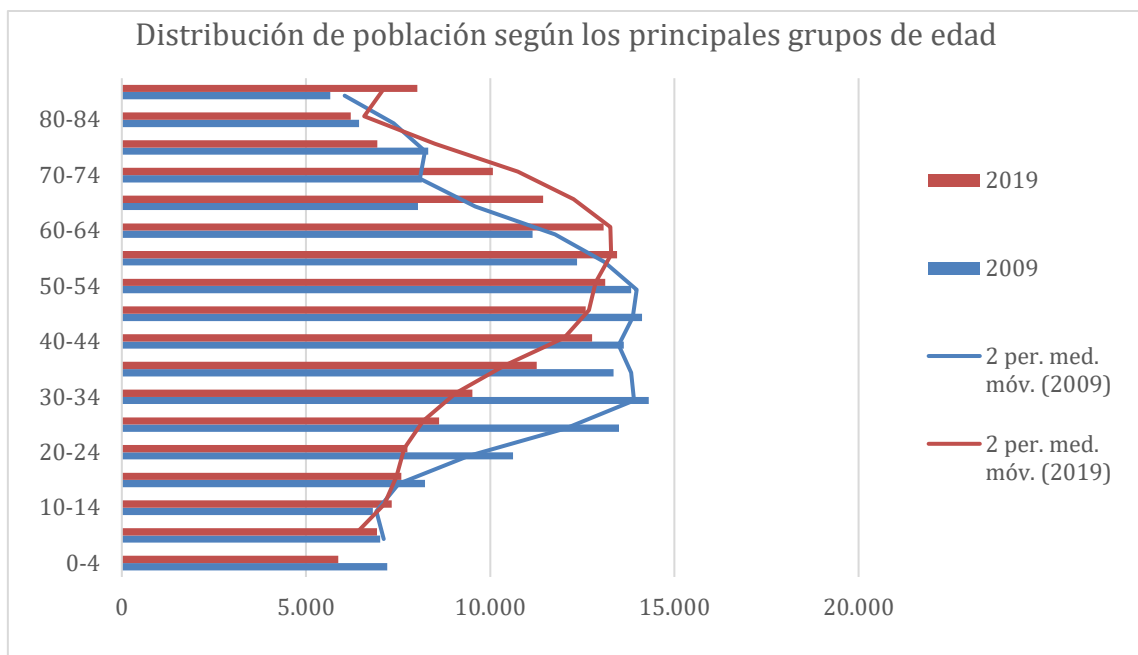
Años	Menores de 16 años	De 16 a 64 años	De 65 y más años
2010	22.495	122.121	36.973
2011	22.678	119.873	37.370
2012	22.669	117.986	37.810
2013	22.547	116.278	38.298
2014	22.328	114.212	39.196
2015	22.272	111.893	39.792
2016	22.066	110.152	40.438
2017	21.769	109.034	41.148
2018	21.745	108.373	41.926
2019	21.651	108.208	42.680

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del ICANE (2021 b)

El envejecimiento de la población hace que la distribución poblacional de Santander cambie de forma entre los años 2009-2019 (Gráfica 4), haciendo que el grupo de edad con mayor población se desplace en relación con la diferencia de edad entre ambas pirámides. El descenso en los datos de nacimiento hace prever una disminución de la cantidad de población en los rangos de edad más jóvenes, reflejando el proceso transformación hacia una sociedad cada vez más envejecida. Este hecho hace que la incorporación de los vehículos autónomos como modo de transporte dentro de la ciudad tenga una relevante importancia, ya que permite una mayor movilidad a las personas de mayor edad, independientemente de su capacidad para poder manejar un vehículo. Los vehículos autónomos proporcionan una capacidad de movilidad igual a la de un vehículo privado, sea cual sea el modo de servicio que tenga (servicio puerta a puerta o servicio de paradas).

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres



Gráfica 4. Distribución de población según los principales grupos de edad para los años 2009 y 2019.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del ICANE (2021 b)

Dentro del municipio, los distritos de la periferia están experimentando un crecimiento en el desarrollo urbanístico, con lo que consiguen atraer a la población más joven de los distritos del núcleo urbano, aumentando la dispersión urbana en el municipio.

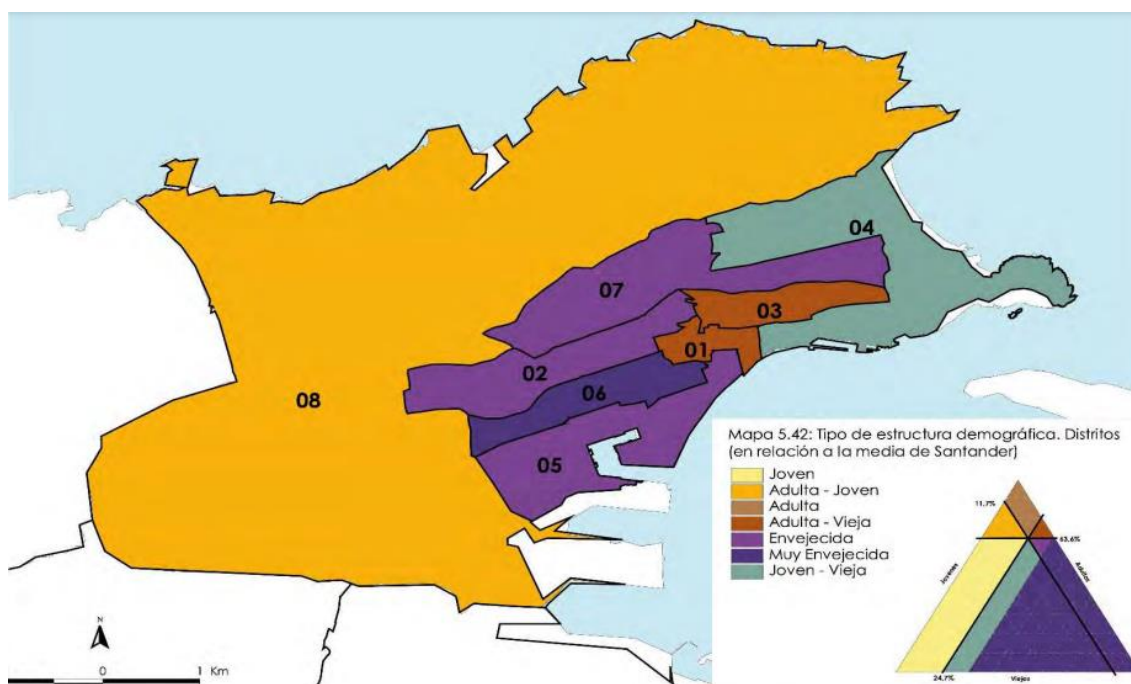


Ilustración 27. Tipo de estructura demográfica según los distritos censales en 2019.

Fuente: ICANE (2019 d)

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

Para el distrito 8, la tasa de juventud en el año 2019 era 3,68 puntos mayor que la media del municipio (Tabla 22). Para la tasa de envejecimiento tiene lugar el mismo suceso, siendo el distrito 8 el que tiene una mayor diferencia respecto a la media del municipio (Ilustración 27). Por ello, se puede determinar que la población más joven tiende a irse a la periferia de la ciudad, principalmente motivados por el ahorro en el coste de vida respecto al núcleo urbano del municipio. Esto hace que se genere un mayor número de desplazamientos en vehículo desde los distritos que están en la periferia del centro urbano.

Tabla 21. Tasas e índices de la ciudad de Santander (2019)

Distrito	Tasa de juventud	Tasa de envejecimiento	Índice de dependencia	Índice de recambio
1	10,05	25,08	54,15	221,02
2	10,13	29,06	64,44	231,33
3	10,2	25,18	54,74	204,21
4	11,86	28,62	68,01	203,42
5	9,6	28,85	62,47	233,58
6	9,24	30,01	64,63	268,02
7	10,98	25,45	57,31	166,22
8	15,34	16,74	47,22	75,45
Total	11,66	24,74	57,24	165,46

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del ICANE (2019 d)

Tabla 22. Diferencia entre las tasas e índice de cada distrito con el del municipio (2019)

Distrito	Diferencia TJ	Diferencia TE	Diferencia ID	Diferencia IR
	Total	Total	Total	Total
1	-1,61	0,34	-3,09	55,56
2	-1,53	4,32	7,2	65,87
3	-1,46	0,44	-2,5	38,75
4	0,2	3,88	10,77	37,96
5	-2,06	4,11	5,23	68,12
6	-2,42	5,27	7,39	102,56
7	-0,68	0,71	0,07	0,76
8	3,68	-8	-10,02	-90,01

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del ICANE (2019 d)

En cuanto a la economía local de Santander, esta ha ido evolucionando con el paso del tiempo. El norte de la ciudad se ha dedicado fundamentalmente al sector primario, pero este sector ha ido perdiendo cada vez más fuerza dentro de la economía local del municipio.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

Según el Plan General de Ordenación Urbana de 2012 (Ayuntamiento de Santander, 2012), el municipio contaba en 2012 con un total de 16.991 empresas, siendo el sector terciario el principal motor económico (Tabla 23).

Tabla 23. Distribución por sectores de las empresas de Santander en el año 2011.

Número total de empresas en Santander			
Sector	Subsector	Número de Empresas	Porcentaje
Primario	Ganadería independiente	50	0,29
Secundario	Energía y agua	26	0,15
	Extracción y transformación de metales no energéticos. Industria química.	56	0,32
	Industrias transformadoras de los metales. Mecánica de precisión	197	1,15
	Otras industrias manufactureras	841	4,95
	Construcción	1.857	10,93
Terciario	Comercio, restaurantes y hospedaje, reparaciones	7.539	44,37
	Transporte y comunicaciones	2.657	15,63
	Instituciones financieras, seguros, servicios prestados a las empresas y alquileres	2.033	11,96
	Otros servicios	1.735	10,21
Total		16.991	100

Fuente: Memoria de Información del Plan General de Ordenación Urbana de Santander (2012)

Con el paso de los años, en el municipio ha ido cambiado el tejido empresarial considerablemente. Las pequeñas empresas han ido decreciendo considerablemente, mientras que, por su parte, las grandes empresas han experimentado un crecimiento en el municipio.

Tabla 24. Número de empresas según la cantidad de asalariados en el municipio de Santander en los años 2011 y 2018.

	2011	2018	Diferencia	Variación
Sin asalariados	6.850	6.719	-131	-1,95
De 1 a 9 asalariados	7.294	6.682	-612	-9,16
De 10 a 49 asalariados	1.142	1.141	-1	-0,09

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

De 50 a 249 asalariados	232	254	22	8,66
De 250 o más asalariados	540	760	220	28,95
Total	16.058	15.556	-502	-3,23

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos ofrecidos por ICANE (2020)

El crecimiento del sector terciario en la ciudad hace que el transporte urbano e interurbano sea cada vez un servicio más importante para el municipio. Con este crecimiento del sector turístico, se espera que el número de turistas ascienda en los próximos años, por lo que tener un sistema de transporte público eficiente en la ciudad y en la Comunidad Autónoma de Cantabria que potencie este sector debe ser de principal prioridad. La implantación de los vehículos autónomos compartidos puede ser muy beneficioso para la economía, ya que permite crear espacio urbano para el ciudadano, a la misma vez que mejora los diferentes modos de transporte, potenciando la economía local del municipio.

4.1.3 Planeamiento vigente: zonas verdes y equipamientos

El Plan General de Ordenación Urbana de Santander vigente es el Plan de 1997. Sin embargo, en 2007 se elaboró un nuevo plan que llegó a aprobarse en 2012, pero fue posteriormente anulado. Actualmente, el planeamiento general del municipio se encuentra en proceso de revisión, con la finalidad de adaptar la ordenación urbana del municipio a los requisitos y necesidades actuales (Ayuntamiento de Santander, 2020) y futuras.

Por ello, en el presente apartado se estudiará las zonas verdes y equipamientos indicados en el PGOU de 2012, debido a que en él se encuentra la revisión más actual de dichos servicios.

4.1.3.1 Zonas verdes

En la memoria de Información del PGOU aprobado en el año 2012, dentro del apartado dedicado a Parques urbanos y jardines se recogen las distintas zonas verdes que hay en el municipio de Santander. Estas zonas verdes están compuestas por los diferentes parques y jardines que hay repartidos por el municipio, siendo el centro urbano del municipio de Santander la zona donde existe un mayor déficit de superficie vegetal. Esto es debido a que el centro urbano presenta una mayor densidad edificatoria, aunque sí que se caracteriza su entramado urbano por la cantidad de plazas y parques públicos que hay. Según el Plan General de Ordenación Urbana existen 28 parques principales en el municipio de Santander (Ayuntamiento de Santander, 2012).

Para el presente estudio, se escogerán los datos proporcionados por el Ayuntamiento de Santander mediante su plataforma “Santander Datos Abiertos”, donde ofrecen archivos georreferenciados de las zonas verdes del municipio. En estos archivos, se encuentran un listado de parques y jardines que componen la ciudad, siendo el número de parques y jardines que dispone el municipio de Santander asciende a 76 (Ilustración 28), con una superficie total de 1.432.278,45 m² en total.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

Tabla 25. Listado de parques ofrecidos por Santander Datos Abiertos

Listado de Parques Principales

Parque de Mataleñas	Parque Dr. González Mesones	Parque de La Marga	Parque de La Magdalena
Jardines de Pereda	Parque Atlántico de las Llamas	Zona Verde de Nueva Montaña	Parque del Dr. Morales o Parque Cazoña

Fuente: Elaborado a partir de los datos de Santander Datos Abiertos (2013)



Ilustración 28. Zonas Verdes en Santander.

Fuente: Elaboración propia a partir de Santander Datos Abiertos (2013)

A su vez, el municipio de Santander presenta una desigualdad muy marcada en la distribución de la ubicación de las zonas verdes. Algunos distritos por su ubicación geográfica disponen de una mayor superficie de parques y jardines, como es el caso de los distritos 4 y 8, con el 43,8 y 30,4% de la superficie total respectivamente (Tabla 26). Esto se debe a dos razones diferentes: el distrito 4 tiene dos espacios considerados Sistemas Generales, que dan servicio a todo el municipio, como es el Parque de las Llamas y la Península de la Magdalena. En el caso del distrito 8, se trata del área con mayor carácter rural del municipio, destacando el Parque de Mataleñas como la principal zona natural del mismo.

Tabla 26. Superficie ocupada por parques y jardines en Santander, por distritos

Distrito	Área Parques (m2)	Área Jardines (m2)	Área Total (m2)	Porcentaje respecto al total
01	22.481,7	5.038,3	27.520	1,9

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

02	122.609,9	9.896,6	132.506,4	9,2
03	0	33.173,7	33.173,7	2,3
04	542.231,2	84.677,3	626.908,5	43,7
05	21.957,6	0	21.957,6	1,5
06	0	63.395,3	63.395,3	4,4
07	0	91.301,1	91.301,1	6,4
08	268.507,6	167.077,4	4.3558	30,4

Fuente: Elaboración propia a partir de Santander Datos Abiertos (2013)

4.1.3.2 Equipamientos

En cuanto a los equipamientos, el municipio de Santander tiene ciertas características diferenciales en atención a la tipología. Para los comercios, Santander presenta una clara tendencia a agrupar los comercios en el centro de la ciudad, en torno a los distritos 1, 2, 4 y 5.

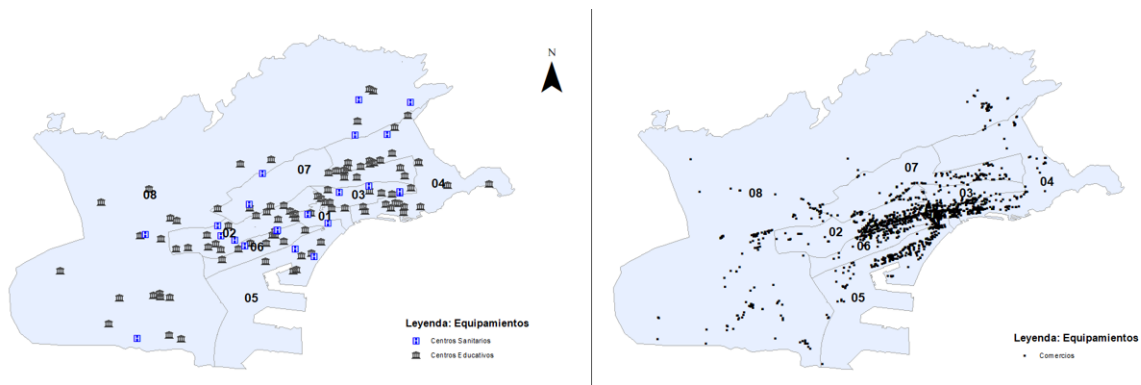


Ilustración 29. Ubicación de los equipamientos en Santander.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos ofrecidos por Santander Datos Abiertos (2013)

Tabla 27. Equipamientos por distrito.

	Comercio	Educativo	Sanitario
Distrito 1	452	3	1
Distrito 2	250	15	3
Distrito 3	90	9	4
Distrito 4	176	27	1
Distrito 5	262	6	3
Distrito 6	138	9	5
Distrito 7	139	7	1
Distrito 8	163	22	6

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos ofrecidos por Santander Datos Abiertos (2013)

Según los datos ofrecidos por la Consejería de Sanidad de Cantabria en el Sistema de Información Urbanística de Cantabria (Gobierno de Cantabria, 2021), para los centros sanitarios, se ve cómo todos los distritos disponen de un centro de salud, a excepción del

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

distrito 1. Para los residentes del distrito 1, el centro de salud más próximo se encuentra ubicado en la calle Isabel II, siendo este uno de los dos centros de salud del distrito 5. En cuanto a otros equipamientos sanitarios, Santander cuenta con un hospital universitario público (Hospital universitario Marqués de Valdecilla) y diferentes centros especializados repartidos por la ciudad, además de varios centros hospitalarios de carácter privado.

Tabla 28. Centros sanitarios por distritos

Tipo de centro sanitario\Distritos	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
Centro de Salud	0	1	2	1	2	1	1	2	10
Unidad de Desintoxicación de Drogas	1	2	0	0	1	0	0	0	4
Consultorio Local	0	0	0	0	0	0	0	2	2
Hospital	0	0	1	0	0	1	0	2	4
Unidad de Salud Mental	0	0	1	0	0	1	0	0	2
Unidad de Desintoxicación de Tabaco	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Unidad de Salud Sexual	0	0	0	0	0	1	0	0	1

Fuente: Elaborado a partir de los datos ofrecidos por Mapas Cantabria (2021)

En cuanto a los centros educativos, según los datos ofrecidos por la Consejería de Educación y Formación Profesional de Cantabria en el Sistema de Información Urbanística de Cantabria (Gobierno de Cantabria, 2021), algunos distritos del centro urbano (Distrito 1 y 3) disponen de muy pocos centros públicos (únicamente un instituto de educación secundaria), mientras que sí disponen de centros concertados. Los colegios públicos y los institutos de educación secundaria están ubicados, en su mayoría, en los distritos 2, 6 y 8. Por el contrario, los centros concertados están mayormente ubicados en el centro urbano, siendo los distritos 2, 3 y 4 donde mayor número hay. Por el contrario, Santander dispone únicamente de 3 centros de formación profesional, mientras que dispone de 16 facultades universitarias. Estas, en su mayoría, son facultades de la Universidad de Cantabria, ubicadas en la Avenida de los Castros. El municipio dispone también de dos universidades más, la Universidad Internacional Menéndez Pelayo y la Universidad Europea de Atlántico, estando la primera ubicada en la Avenida de los Castros, junto con las facultades de la UC, mientras que la segunda se encuentra en el distrito 8, en el barrio de El Alisal.

Tabla 29. Centros educativos por distritos.

Tipo de centro educativo\Distrito	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
Colegio Público	0	7	0	2	1	3	3	8	24
Colegio Concertado	1	6	7	11	3	2	1	5	36
Colegio Privado	0	0	1	0	1	1	0	3	3
Escuela Pública	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Instituto de Educación Secundaria	1	1	0	1	1	0	3	4	11
Centro Integrado de F.P.	0	0	0	0	0	0	0	1	1

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

Centro de Formación Profesional	1	0	1	0	0	0	0	0	2
Universidad	0	1	0	12	0	2	0	1	16

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos ofrecidos por Mapas Cantabria (2021)

4.2 Análisis del transporte

Para el correcto desarrollo de las actividades del municipio es necesario que el sistema de transporte esté en unas condiciones óptimas de funcionamiento. El municipio de Santander cuenta con una infraestructura acorde con la importancia del municipio dentro de la Comunidad Autónoma, ya que dispone de aeropuerto, puerto marítimo, y conexiones ferroviarias y viales con diferentes ciudades del Estado.

4.2.1 Análisis del reparto modal según el PMS de Santander

El primer paso para analizar la movilidad del municipio es conocer el reparto modal, es decir, el porcentaje de uso de cada modo de transporte disponible en la ciudad. Según el Plan de Movilidad Sostenible (PMS) de Santander (Ayuntamiento de Santander, 2010), el transporte más utilizado por sus habitantes es el transporte público (43,73%), frente al transporte privado (24,39%). Para otros municipios de igual o superior número de habitantes, los viajes internos a pie dentro del propio municipio presentan un porcentaje mayor dentro del reparto modal, como es el caso de Bilbao, donde representa un 65% de los trayectos (Ayuntamiento de Bilbao, 2018). Esto indica que el municipio de Santander debe favorecer la movilidad activa para alcanzar los datos de las ciudades referentes de las comunidades autónomas adyacentes.

Para los distintos distritos de la ciudad, se observa cómo en función de la ubicación y naturaleza del distrito, este reparto modal se acentúa sobre un transporte más sostenible o con mayor tendencia al transporte privado. Los distritos ubicados en zonas más alejadas del centro urbano, como son el distrito 7 y 8, muestran una mayor tendencia a utilizar el vehículo privado (mayor al 25% de uso). En cuanto al transporte público, los distritos 4 y 8 muestran un mayor uso de este, frente al menor uso de distritos como el 3 y 5, pudiendo ser por su ubicación más céntrica.

Tabla 30. Reparto modal del transporte en Santander según el PMS.

	Total	Distrito 1	Distrito 2	Distrito 3	Distrito 4	Distrito 5	Distrito 6	Distrito 7	Distrito 8
A pie	22,75	33,33	28,46	22,86	23,68	36,71	14,71	25,39	7,69
Transporte privado	24,39	19,05	23,85	22,86	14,47	15,19	20,59	27,78	36,36
Transporte público	43,73	45,24	44,62	32,86	52,63	35,44	39,71	43,65	49,65
Combinado	9,13	2,38	3,07	21,42	9,22	12,66	24,99	3,18	6,3

Fuente: Plan de Movilidad Sostenible de Santander (2010)

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

A su vez, los datos ofrecidos por el Grupo de Investigación de Sistemas de Transporte (G.I.S.T) de la Universidad de Cantabria (2013) en su revisión del PMS de Santander, muestran una tendencia entre los años 2010-2013 donde el vehículo privado decrece, frente al uso del servicio TUS (Transportes Urbanos de Santander) y los viajes a pie (Tabla 31). Estos datos son más similares a los ofrecidos por las capitales de provincia de las comunidades adyacentes, como Bilbao.

Tabla 31. Revisión del reparto modal de Santander entre los años 2010-2013

	2009	2011	2012	2013
A pie	41,9	42,8	50,6	52,4
Coche/Moto	50,3	49,6	41,4	39,2
TUS	7,3	6,8	7,2	7,4
Bici	0,3	0,5	0,6	0,7
Otros	0,1	0,2	0,2	0,2

Fuente: Grupo de Investigación de Sistemas de Transporte (2013)

4.2.2 Análisis de la movilidad local y comarcal

El municipio de Santander cuenta con diferentes modos de transporte para una movilidad local o comarcal, siendo los principales los vehículos de transporte viario y el ferrocarril. Además, cuenta con una red de infraestructura para la movilidad activa (tanto a pie como para bicicleta), por lo que las posibilidades y combinaciones entre diferentes movilidades es bastante amplia.

4.2.2.1 Red viaria para el transporte privado

La red viaria dentro del municipio de Santander está plenamente condicionada por la orografía de la ciudad, debido a las distintas elevaciones y depresiones del terreno. Estas, concretamente, suceden a lo largo del eje Noreste-Suroeste de la ciudad, haciendo que la red vial se vea adecuada a la orografía.

La jerarquización de las carreteras del municipio, junto con la orografía, tienen una tendencia de disposición sobre la dirección Noreste-Suroeste, siendo únicamente el túnel de Puertochico o la avenida Camilo Alonso Vega los únicos ejes principales de la ciudad que conectan las zonas Norte-Sur (Ilustración 30). Esto conlleva que cualquier trayecto que tenga dirección Norte-Sur vea incrementado su tiempo de viaje, con la posible saturación en hora punta de los ejes principales en dicha dirección.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

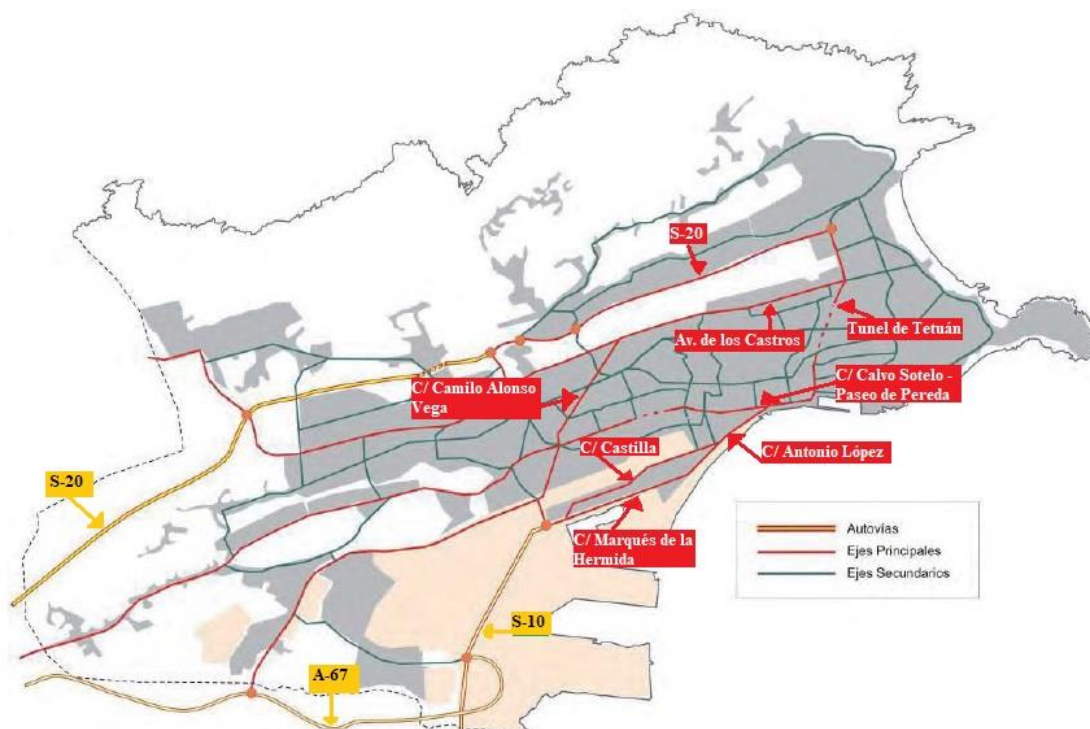


Ilustración 30. Jerarquía de las infraestructuras viarias en Santander.

Fuente: Plan de Movilidad Sostenible de Santander (2010)

En cuanto al estacionamiento, el uso del automóvil como medio de transporte en un alto porcentaje de los desplazamientos requiere una gran cantidad de espacio para aparcamiento, ya que los vehículos permanecen estacionados la mayor parte del tiempo. Por ello, la normativa urbanística que regula el uso del suelo, Ley de Cantabria 2/2001, de 25 de Junio, de Ordenación Territorial y Régimen Urbanístico del Suelo de Cantabria, indica en el artículo 40.3 (Espacios libres y equipamientos de sistemas locales) que “*en el suelo urbano no consolidado y en el suelo urbanizable el planeamiento correspondiente preverá dos plazas de aparcamiento, al menos una de ellas pública, por cada cien metros de superficie construida*” (Parlamento de Cantabria, 2001).

El municipio de Santander es un gran centro atractor de viajes debido a su condición como capital autonómica, por lo que la cantidad de suelo requerido para el estacionamiento es mucho mayor a otros municipios de la Comunidad Autónoma. En la zona del centro urbano del municipio existe nueve de aparcamientos subterráneos (Ilustración 31) (Ayuntamiento de Santander, 2013).

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

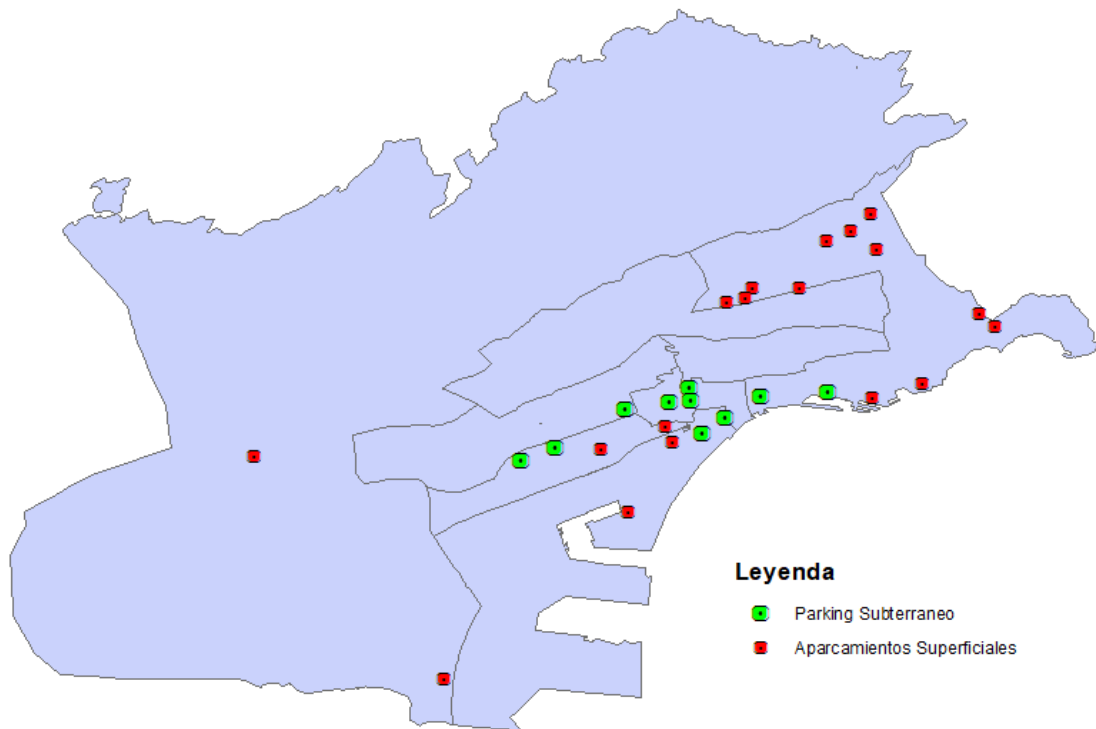


Ilustración 31. Mapa de aparcamientos superficiales y subterráneos en el municipio de Santander.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Vía Michelin (2021)

En cuanto a grandes zonas de estacionamiento superficial (Tabla 32), se ve cómo predominan este tipo de aparcamientos en el distrito 4 (Ilustración 31). Esto puede ser principalmente por motivo turístico, debido a la alta demanda de viajes en periodo estival a este distrito.

Tabla 32. Aparcamientos superficiales en el municipio de Santander

Aparcamiento Superficial	Dirección
Renfe (Vía Michelin, 2021)	Plaza Estaciones, 39002 Santander, Cantabria
UC Caminos (Vía Michelin, 2021)	Av. de los Castros, 44, 39005 Santander, Cantabria
UC Física (Vía Michelin, 2021)	Av. de los Castros s/n, 39005 Santander, Cantabria, Cantabria
UC Educación (Vía Michelin, 2021)	Av. de los Castros, 52, 39005 Santander, Cantabria
UC Rectorado (Vía Michelin, 2021)	Av. de los Castros, s/n, 39005 Santander, Cantabria
Estadio El Sardinero (Vía Michelin, 2021)	C/ Real Racing Club, s/n, 39005 Santander, Cantabria
Real Racing Club (Vía Michelin, 2021)	C/ Real Racing Club, s/n, 39005 Santander, Cantabria

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

Avenida Manuel García Lago (Vía Michelin, 2021)	Av. Manuel García Lago, s/n, 39005 Santander, Cantabria
El Corte Inglés (Vía Michelin, 2021)	Centro Comercial El Corte Inglés Nueva montaña Carretera, N-634, S/N, 39011 Santander, Cantabria
CC El Alisal (Vía Michelin, 2021)	C/ Joaquín Rodrigo, 2, 39011 Santander, Cantabria
Aparcamiento Público Calle Alta (Vía Michelin, 2021)	Calle Justicia, s/n, 39008 Santander, Cantabria
La Hermida (Vía Michelin, 2021)	Calle Carlos Haya, 20, 39009 Santander, Cantabria
Palacio de los Festivales	Calle de Gamazo, 39004 Santander, Cantabria
Avenida Severiano Ballesteros	Av. de Severiano Ballesteros, s/n, 39004 Santander, Cantabria
Parking Público La Magdalena	Av. de la Magdalena, 3, 39005 Santander, Cantabria
Parking Playa Camello	Av. de la Reina Victoria, 40, 39005 Santander, Cantabria
Avenida del Estadio	Av. del Estadio, 11-5, 39005 Santander, Cantabria

Fuente: Elaborado a partir de la Vía Michelin (2021) y trabajo de campo.

A su vez, el municipio de Santander dispone de un estacionamiento de pago regulado en la vía pública en diversas zonas llamada OLA. Este sistema se ejecutó como solución para la movilidad urbana, con el fin de favorecer la circulación de los vehículos en el centro urbano de la ciudad. Estas zonas OLA se dividen en 15 zonas de pago.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

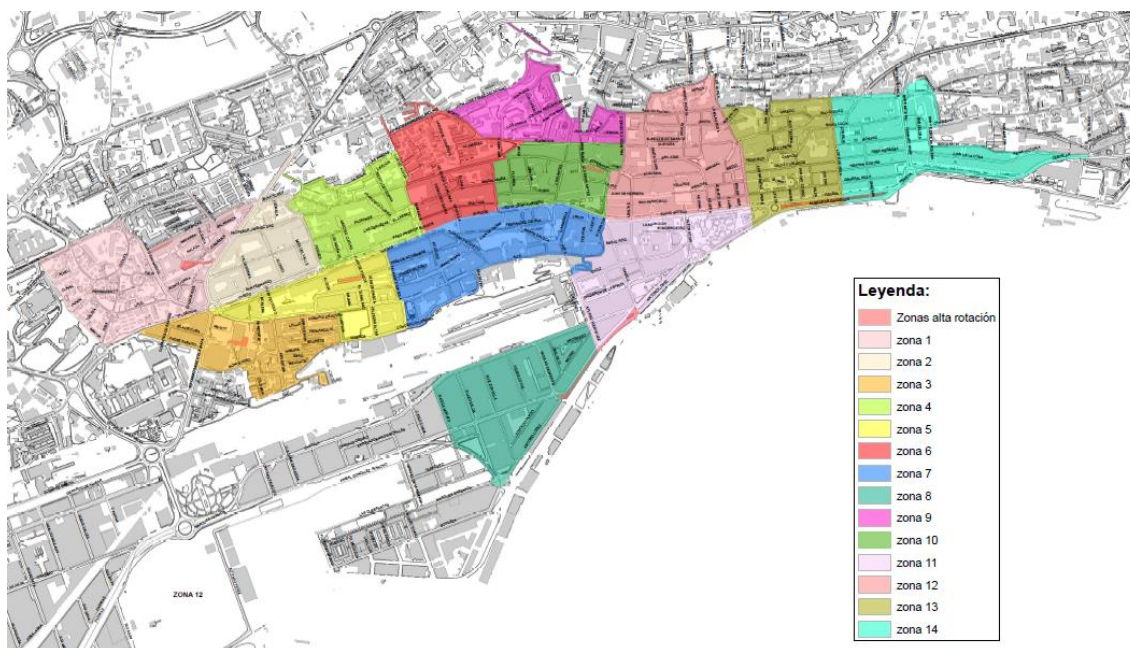


Ilustración 32. Zonas OLA en el municipio de Santander

Fuente: Ayuntamiento de Santander (2021)

Dentro del Plan de Movilidad Sostenible de Santander (2010) se plantea la construcción de nuevos aparcamientos disuasorios dentro del municipio de Santander con el objetivo de incentivar el transporte público y la intermodalidad entre la población, tanto del propio municipio como de los viajeros que se desplacen hasta Santander.

Se establece la localización de los aparcamientos disuasorios en emplazamientos con una buena localización, donde se ofrezca un buen nivel de seguridad junto con conexión cercana a algún modo de transporte público (parada de autobús, parada de ferrocarril, estación de bicicletas eléctricas...) o una red viaria de alta capacidad. La utilización y eficacia de estas zonas de estacionamiento se ve incrementada cuando están establecidos en la periferia del núcleo urbano, cerca de estaciones de transporte público.

Por ello, en el PMS se establece que para la elección de la localización de los aparcamientos disuasorios se debe tener como criterio:

- La proximidad a una estación de transporte público o a la red metropolitana. En caso de enlazar dicho aparcamiento disuasorio con una estación de autobús, se debe procurar la integración de la estación en el propio aparcamiento.
- Se debe facilitar todo lo posible el acceso al aparcamiento desde la red viaria. Es recomendable tener acceso desde la red viaria principal (preferentemente, de alta capacidad como son la A-67, S-10 y S-20).
- La proximidad a vías que comunican áreas residenciales y centros de actividad con el centro urbano del municipio.
- La disponibilidad del espacio, tanto para el estacionamiento como para la parada del autobús u otro modo de transporte público, y la zona de espera para el transporte público.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

En el PMS se definen dos tipos de estacionamiento disuasorio: urbanos y periféricos. Los aparcamientos disuasorios urbanos que se definieron en el documento están ubicados en los Campos de Sport del Sardinero (actualmente en uso) y en el Futuro Museo de Cantabria. Este último estaba ubicado en La Vaguada de Las Llamas, pero se decidió cambiar la ubicación del museo, por lo que este aparcamiento disuasorio no se llegó a plantear después del cambio de ubicación del propio museo. Estos aparcamientos tienen como prioridad ser una alternativa para los habitantes de los distritos más alejados al centro urbano de la ciudad, donde podrían desplazarse con su vehículo privado hasta estas zonas de estacionamiento.

En cuanto a los aparcamientos disuasorios periféricos, la finalidad es la misma que para los urbanos pero dirigida a los habitantes de los municipios limítrofes que tienen su lugar de empleo en Santander o que acuden a realizar alguna actividad al municipio (compras, ocio, etc.). Estos aparcamientos se planificaron en la S-10, S-20 y Primero de Mayo.

4.2.2.2 Red viaria para el transporte público

En este apartado se estudiarán los diferentes modos de transporte que existe para el transporte público que utiliza la red viaria. Principalmente, estos modos de transporte son:

- Autobuses intermunicipales y TUS
- Taxis y VTC
- Carsharing

4.2.2.2.1 Servicio de autobuses TUS y autobuses intermunicipales

El transporte interurbano con el municipio de Santander se realiza a través de la estación de autobuses ubicada en la Plaza Estaciones cerca de las estaciones de ferrocarril, permitiendo un transporte intermodal bastante eficiente gracias a la proximidad entre ambos servicios.

La estación abarca cuatro tipos de transporte: cercanías, regional, interprovincial e internacional. Actualmente se dispone de siete líneas de cercanías desde la estación, que son (Gobierno de Cantabria, 2021):

- S1 Santander-Astillero
- S2 Santander-Sierra Parayas
- S3 Santander-C.Comerciales-Astillero
- S4 Santander-Aeropuerto
- S5 Santander-Maliaño
- S6 Santander-Escobedo
- S8 Santander-Liencres-Mompía

El transporte urbano de Santander está principalmente explotado por el servicio urbano de autobuses TUS, compuesto por 27 líneas de autobuses distribuidas por todo el municipio (Tabla 33).

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

Tabla 33. Líneas de autobuses urbanos de Santander.

Abreviatura	Nombre de la línea	
C	Línea Central	Línea Central Intercambiador Valdecilla- Intercambiador Sardinero
1	Línea 1	Parque Tecnológico -Odrizola
2	Línea 2	Corbán- Consuelo Berges
3	Línea 3	Ojáiz- Paseo Pereda- Universidad -Intercambiador Sardinero
4	Línea 4	Barrio Pesquero- Intercambiador Sardinero
5	Línea 5C1	Plaza Italia- Miranda- Los Remedios- G. Dávila
5	Línea 5C2	Plaza Italia- Miranda- G. Dávila- Valdecilla
6	Línea 6C1	Complejo Ruth Beitia- Avda. Cantabria
6	Línea 6C2	Complejo Ruth Beitia- C. Herrera Oria
7	Línea 7C1	Luis Quintanilla Isasi- Avda. Los Castros
7	Línea 7C2	Luis Quintanilla Isasi- Valdecilla
11	Línea 11	Int. Valdecilla - C/ Alta- Plaza de Italia- Tetuán
12	Línea 12	Carrefour- Canalejas
13	Línea 13	Lluja- Valdecilla
14	Línea 14	Plaza Estaciones- Valdecilla- Gral. Dávila
16	Línea 16	Plaza Remedios- G. Dávila
17	Línea 17	Corban (Por Avda. del Deporte)
17	Línea 17	Corban (Por Barrio La Gloria)
18	Línea 18	Puertochico (Por Corbanera)
18	Línea 18	Puertochico (Por el Castillo)
19	Línea 19	Estaciones- Ricardo López Aranda (Zoco)
20	Línea 20	Estaciones- C/ Repunte 15
I	Intermodal	Estaciones - Universidad - Rectorado
23	Línea 23	Estaciones- Camarreal - Pctcan
N1	Nocturno 1	Corbán Valdenoja
N2	Nocturno 2	Corbán - Complejo
N3	Nocturno 3	Tomás y Valiente - Bº Pesquero - Plaza Italia - P. Castillo

Fuente: TUS (2020)

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

Durante el año 2017 se realizó una revisión del transporte público del municipio, dando lugar al proyecto METROTUS. Este proyecto fue llevado a cabo con la intención de ofrecer un sistema de autobús de alto nivel de servicio. Para ello, se propuso habilitar un carril exclusivo en las zonas que fuese posible en el corredor entre Valdecilla y los Campos de Sport del Sardinero, junto con diversas medidas como son la ampliación de paradas en dicho eje, la implantación de un sistema de priorización semafórica para el autobús y la construcción de dos intercambiadores en los extremos del corredor.



Ilustración 33. Autobús de Transporte Urbano de Santander (TUS).

Fuente: El Diario Montañés (2018 b)

Para este servicio se implantaron autobuses articulados de alta capacidad (120 pasajeros) con una frecuencia de 15 minutos, mientras que los autobuses convencionales disponían de una frecuencia de 5 minutos. (Ayuntamiento de Santander, 2017).

Tras ocho meses de servicio, pese a la eliminación de los nuevos servicios planteados de Metrotus (como eran los transbordos), se han mantenido algunas de las propuestas planteadas, como son la Línea Central, el carril bus en algunas calles del municipio o los intercambiadores del Sardinero y Valdecilla (El Diario Montañés, 2018 b).

4.2.2.2 Taxis y VTC

Actualmente existen en Santander diferentes servicios para solicitar un taxi o un Vehículo de Turismo con Conductor (VTC). Tanto el servicio ofrecido por TeleTaxi Santander como PideTaxi Cantabria tienen diferentes paradas distribuidas por la ciudad, a diferencia del único servicio de VTC implantado en la ciudad, la empresa Cabify. Este servicio se basa en una aplicación móvil mediante la cual el usuario solicita un vehículo para realizar un trayecto determinado previamente acordado con el conductor.

4.2.2.3 Carsharing

El carsharing es un sistema de alquiler de automóviles a través de una empresa en el que el usuario alquila un vehículo durante un periodo corto de tiempo. Hoy en día solamente

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres



Ilustración 35. Vehículo Guppy en la ciudad de Santander.

Fuente: Guppy (2021)

4.2.2.3 Infraestructura ferroviaria

El municipio de Santander presenta conexión ferroviaria tanto mediante infraestructura de vía estrecha o métrica (antigua FEVE) como de vía de ancho ibérico (RENFE). Las estaciones se encuentran en la denominada Plaza de las Estaciones, entre el Pasaje de Peña y la calle Castilla, junto a la estación de autobuses de Santander.

Actualmente, ADIF (Administrador de Infraestructuras Ferroviarias) dispone de cuatro líneas de ancho métrico que unen Santander con Bilbao, Oviedo, Liérganes y Cabezón de la Sal, conectando a su paso con diferentes municipios de la franja litoral de la Comunidad Autónoma con Santander. Complementariamente, también ofrece servicio de cercanías en ancho ibérico con su única línea habilitada para ello, la línea C1 dirección Reinosa. En cuanto a las líneas de larga distancia, el municipio de Santander cuenta con dos salidas diarias (excepto el sábado, habiendo una única salida) dirección Madrid, de las cuales una llega hasta la ciudad de Alicante.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres



Ilustración 36. Estación de FEVE en Santander.

Fuente: El Diario Montañes (2018 a)

Las líneas de ancho métrico transportaron en el año 2012 un total de 3.743.394 viajeros, siendo las de Liérganes y Cabezón de la Sal las más utilizadas, con un total de 1.605.045 y 1.892.058 pasajeros respectivamente

4.2.2.4 Infraestructura para la movilidad activa

La movilidad activa se define como la capacidad de desplazarse utilizando el propio cuerpo, ya sea caminando o mediante algún tipo de transporte que necesite de la energía que aporta el conductor para poder desplazarse. El municipio de Santander cuenta con diversos tramos urbanos acondicionados para la movilidad activa, como pueden ser las zonas peatonales, los paseos y avenidas con grandes aceras y los carriles bici.

Según se menciona en el PMS de Santander (Ayuntamiento de Santander, 2010), el municipio cuenta con diversos itinerarios peatonales y carriles bici que son de gran valor para el desplazamiento del ciudadano. Estos son los principales ejes de dichos itinerarios:

- Cuatro Caminos – Zona Centro – Paseo Pereda: Este itinerario es uno de los más frecuentados por la población de la ciudad debido a la combinación de comercios y ocio que tiene. Este recorrido dispone de zonas peatonales, como la Calle Burgos, y ciertas zonas verdes urbanas, como son los Jardines de Pereda o la Alameda de Oviedo. El principal problema de este itinerario se encuentra tanto al inicio de la calle Jesús de Monasterio como en la calle Amos de Escalante, debido al estrechamiento que sufren las aceras en comparación con la calle Burgos, con la consecuente habitual congestión que sufren. Por ello se deberá estudiar la peatonalización de dicha zona. Este carril bici dispone de 2,5 km en total.
- Paseo Marítimo – Peligros: Este itinerario es la continuación del anterior, pero se distingue de él por tener un carácter más recreativo, debido a que tiene un número mayor de locales de restauración. Este itinerario dispone de un carril

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

bici y una amplia acera a lo largo el paseo marítimo. En la zona de la Playa de los Peligros el carril bici continúa hasta el Museo Marítimo de Cantabria, pero la acera disminuye de anchura hasta aproximadamente 2 metros. Este carril bici dispone de 2,5 km en total.

- Reina Victoria – Sardinero: Este itinerario es la continuación de cualquiera de los dos anteriores. Es uno de los principales atractivos turísticos del municipio, debido a que en él se ubican varios de los principales lugares más concurridos por los turistas, como son las Playas de El Sardinero, la Península de la Magdalena o el Gran Casino de El Sardinero. Además de que dispone de unas aceras mayores que el itinerario previo, también cuenta con un carril bici hasta el final del itinerario. Este carril bici dispone de aproximadamente 1,7 km en total.
- Parque de la Vaguada de las Llamas: El parque debido a su cercanía a la Playa de El Sardinero y sus amplias zonas para realizar actividades físicas es un lugar muy concurrido por los ciudadanos del municipio. Este carril bici dispone de aproximadamente 4,8 km en total.
- Avenida de los Castros: Este paseo recorre la Avenida de los Castros completa. Esta ruta dispone de diversas paradas de TusBic. Este carril bici conecta la Avenida de los Castros con el Parque Científico y Tecnológico de Cantabria. Este carril bici dispone de aproximadamente 5,3 km en total.



Ilustración 37. Sendas ciclistas en el municipio de Santander

Fuente: Mapas Cantabria (2021)

Además, el municipio de Santander no solamente ha apostado por construir una infraestructura para la bicicleta (carril bici), sino que también se ha creado un servicio público de bicicletas eléctricas para el uso del ciudadano.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

Este servicio, denominado TUSBIC, permite a los usuarios registrados los desplazamientos en bicicleta eléctrica en las vías urbanas de Santander. Actualmente existen 16 estaciones de servicio, con más de 200 bicicletas.

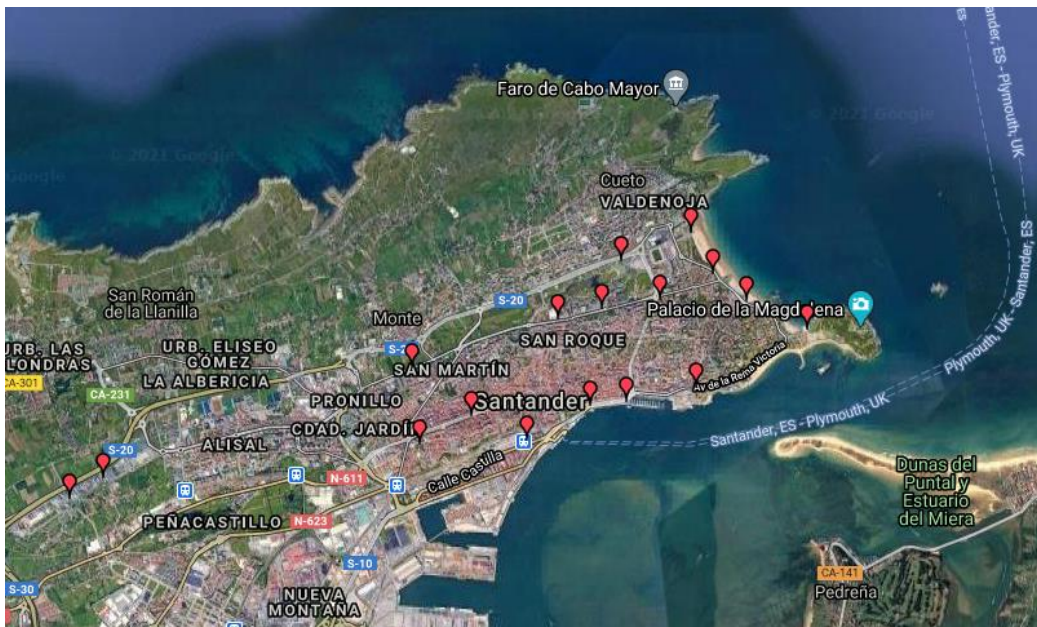


Ilustración 38. Ubicación de las estaciones TUSBIC en el municipio de Santander

Fuente: TusBic (2021)

En cuanto al transporte a pie, el PMS propone, como una de las actuaciones principales relativas al uso del suelo urbano, la peatonalización de ciertas zonas de la ciudad. En el documento se aconseja la peatonalización y calmado de tráfico de diversas áreas donde se ha comprobado que los ciudadanos realizan muchos de sus trayectos a pie.

Estas zonas son:

- Zona centro de la ciudad
- Ladera sur de General Dávila (Miranda – Camilo Alonso Vega)
- Ladera norte de General Dávila (Canalejas – Camilo Alonso Vega)
- Zona Calle Alta – Marqués de la Hermida
- Zona Puerto Chico – Sardinero
- Zona Norte – Avenida de la Constitución
- Zona Camilo Alonso Vega – La Albericia
- Zona Nueva Montaña
- Ciertas zonas rurales del municipio



Ilustración 39. Peatonalización de la calle Lealtad.

Fuente: El Tomavistas de Santander (2013)

Para cada zona se recomienda realizar un estudio previo para comprobar la viabilidad de la peatonalización parcial (calmado de tráfico) o completa del espacio vial. Estos estudios se realizaron entre los años 2010-2013, y dieron pie a la peatonalización de ciertas zonas de la ciudad. En concreto, en los últimos años se ha realizado la peatonalización completa de calles como la calle Cádiz (Ilustración 39), Lealtad y Juan de Herrera. Anteriormente ya se había llevado a cabo la peatonalización de la calle San Francisco, Del Medio, Arrabal, Hernán Cortés y la Plaza Pombo.

También se han realizado cambios drásticos en el espacio vial en los últimos años, como puede ser el cambio de Muelle de Calderón al actual Centro Botín (Ilustración 40) y Jardines de Pereda, la Plaza Porticada o plaza Alfonso XII.



Ilustración 40. Peatonalización de la calle Muelle de Calderón.

Fuente: Google Maps (2021)

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

4.2.2.5 Red marítima

La infraestructura marítima principal del municipio es el Puerto de Santander, uno de los puertos con mayor relevancia en el ámbito nacional, que ocupa en 2020 el noveno puesto atendiendo al volumen de distribución de. El puerto de Santander está ubicado dentro de la bahía de Santander, uno de los mayores estuarios de la costa norte de España. La entrada a la bahía se realiza por un paso de mar situado entre la Península de la Magdalena y el arenal del Puntal, siendo este una barra longitudinal de playa que protege el interior de la bahía.

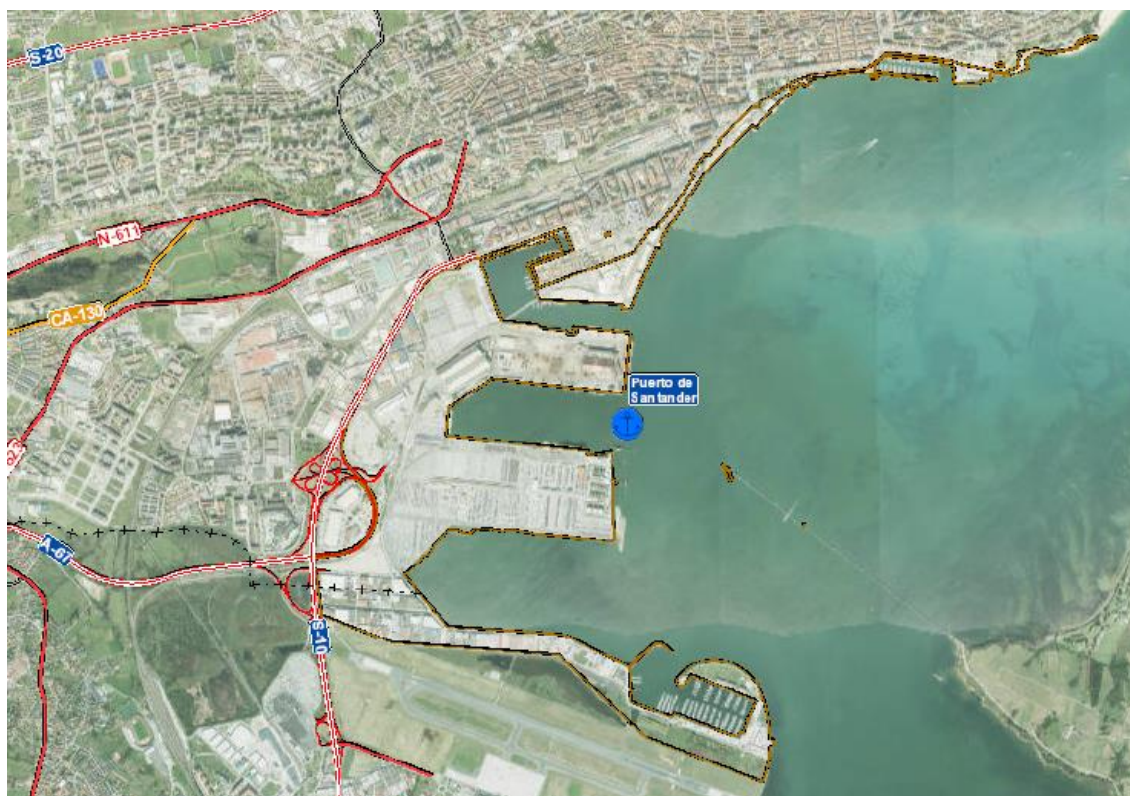


Ilustración 41. Ubicación del puerto de Santander junto con sus accesos.

Fuente: Mapas Cantabria (2021)

Las instalaciones portuarias se encuentran situadas en la ribera norte y oeste de la bahía, ocupando una superficie cercana a los tres millones de metros cuadrados. Dispone de diversos muelles, siendo los ocho muelles de Raos los de mayor relevancia. Debido a que disponen de una salida a la A-67 y a la red ferroviaria, junto con un calado de 13 metros que tienen, es en estos muelles donde se desplazan las mercancías que entran al puerto.

En la parte norte de la bahía de Santander se sitúa el puerto deportivo, en la zona denominada Puertochico. Frente a este puerto deportivo se encuentra el Centro de Alto Rendimiento de Vela, que es uno de los centros nacionales más importantes para la práctica de esta modalidad de deporte marítimo.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres



Ilustración 42. Puerto deportivo de Puertochico

Fuente: Loginews (2016)

En el puerto de Santander, los muelles destinados al desplazamiento de pasajeros son los de Albareda y Almirante (entre ambos suman 360 metros de longitud con un calado entre 7-9 metros) y la estación de Los Reginas, donde se realiza un trayecto turístico por la bahía de Santander, junto con la conexión intermodal de movilidad diaria con los municipios al otro lado de la bahía. Los dos primeros muelles están acondicionados para recibir ferries y cruceros. Las líneas regulares de ferries conectan Santander tanto con Plymouth y Portsmouth.

4.2.3 Análisis de la movilidad nacional e internacional

En este apartado se hará un análisis de los principales modos de transporte para la movilidad nacional e internacional que presenta el municipio de Santander. Estos modos de transporte son:

- Red ferroviaria
- Red viaria
- Red aeroportuaria

4.2.3.1 Red ferroviaria

Los destinos principales de las vías de ancho ibérico utilizadas por RENFE que conectan con el municipio de Santander con las siguientes capitales de provincia son: Palencia, Valladolid, Segovia, Madrid, Cuenca, Albacete y Alicante.

Por otro lado, actualmente se está desarrollando un plan de inversión por parte del Ministerio de Fomento para la conexión mediante tren de alta velocidad entre las ciudades de Madrid y Santander, conectándolas en un periodo de tiempo menor a las tres horas. Se espera que para 2021 hayan comenzado las obras de construcción de este servicio (ElDiario.es, 2021).

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

4.2.3.2 Infraestructura viaria

Por ello, mayoritariamente los ejes principales de la ciudad se encuentran en sentido Sureste-Oeste, siguiendo una progresión de las entradas de las autovías S-10 (dirección Bilbao) y S-20 (autovía Bezana-Sardinero), S-30 (Bahía de Santander) y N-611 (Santander-Burgos) a la ciudad (Ilustración 43).

A su vez, también existe una red de carreteras secundarias (C-300/301/303) que conectan desde el sur hasta el norte de los municipios aledaños de Santander, dando acceso a la ciudad por la Carretera Autonómica C-231. Estas vías conectan toda la zona noroeste con el barrio de Cuatro Caminos.

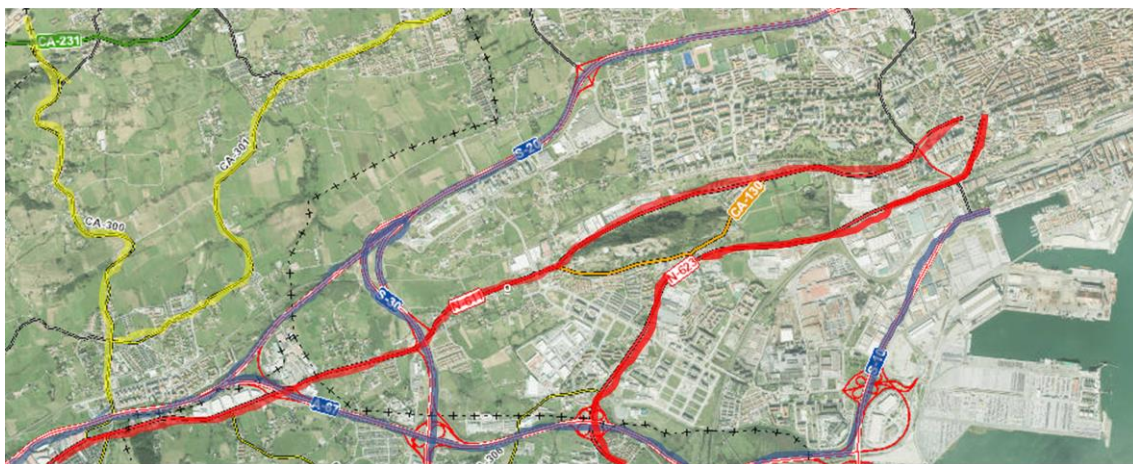


Ilustración 43. Principales ejes viarios de Santander.

Fuente: Mapas Cantabria (2021)

En el PGOU de 2012 se recogen una serie de puntos negros en la red vial debido a su accidentalidad o peligrosidad. Estos puntos negros lo forman los siguientes emplazamientos:

- Accesos a los centros comerciales ubicados en el enlace entre la S-10 y la A-67 (El Corte Inglés) y el enlace entre la S-20 y la carretera de Corbán (Carrefour).
- Zona calle Castilla – Marqués de la Hermida, debido a la congestión que presenta en hora punta por los viajes producidos entre la población y los comercios de la zona, siendo esta una de las principales entradas y salidas del municipio.
- Los principales ejes transversales de la ciudad, como son las glorietas de Tetuán, Puertochico y Cuatro Caminos, presentan una alta accidentabilidad por la congestión que presentan en horas punta. Estas glorietas son de las pocas alternativas para acceder a la Avenida General Dávila y Los Castros desde el centro urbano.
- Las glorietas de la Avenida de Valdecilla, en las intersecciones con el Distribuidor de La Marga y con la Calle Rosa presentan problemas de congestión en el acceso al aparcamiento de Valdecilla.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

- En la Avenida de los Castros se presentan algunos de los principales puntos negros de la ciudad. La alta accidentabilidad que presenta es debido a las altas velocidades de circulación, junto con la insuficiente señalización que existe.

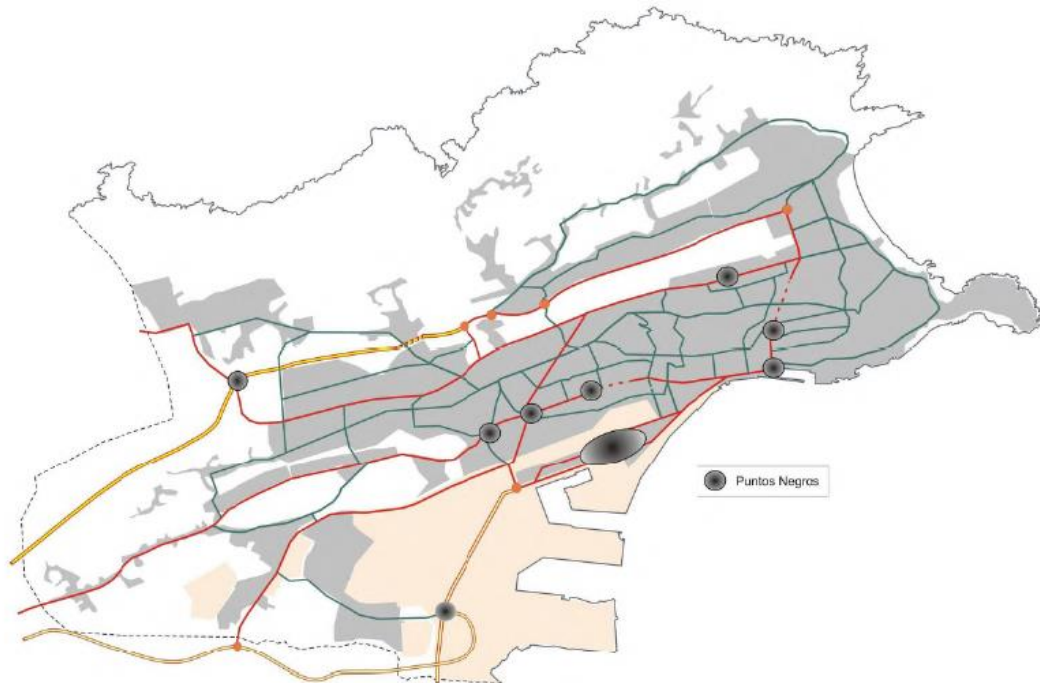


Ilustración 44-. Puntos negros de la red vial de Santander

Fuente: Plan General de Ordenación Urbana de Santander (2012)

4.2.3.3 Red aeroportuaria

El aeropuerto Seve Ballesteros-Santander se encuentra a cinco kilómetros de la ciudad, ubicado en el municipio de Camargo. El aeropuerto se encuentra junto a la bahía de Santander, en la zona suroeste de la misma. Para acceder al aeropuerto la principal vía es la autovía S-10, que enlaza con la carretera nacional N-636.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres



Ilustración 45. Ubicación del aeropuerto Seve Ballesteros-Santander

Fuente: Mapas Cantabria (2021)

Desde el municipio de Santander salen autobuses desde la estación de autobuses hasta la terminal, donde también se realizan trayectos tras cada vuelo a la estación de autobuses. Como servicio complementario a los autobuses, a la salida de la terminal de pasajeros hay una parada de taxis. También dispone de una zona de estacionamiento para automóviles privados.

El aeropuerto se encuentra clasificado como de tercera categoría según la Orden FOM/405/2003, de 25 de febrero, del Ministerio de Fomento por la que se modifica la clasificación de aeropuertos a efectos de la tasa de aproximación. El aeropuerto tiene una única pista de 2.320 metros de largo por 45 metros de ancho, que ofrece conexiones tanto de ámbito nacional como internacional, teniendo como destinos (algunos estacionales) en el año 2019 los siguientes aeropuertos: AS Madrid-Barajas, JT Barcelona-El Prat, London STN, Rome CIA, Brussels CRL, Valencia, Málaga-Costa del Sol, Tenerife Sur, Dublin, Marrakech, Edinburgh, Berlín SXF, Milan BGY, Bucharest OTP, Sevilla, Gran Canaria, P. Mallorca, Katowice e Ibiza (AENA, 2020 b).

Los destinos más frecuentemente utilizados por los pasajeros son nacionales, siendo Madrid y Barcelona los destinos más escogidos (272.000 y 198.000 pasajeros en 2019 respectivamente). En el caso de destinos internacionales, las ciudades con mayor tránsito de pasajeros han sido Londres, Roma y Bruselas (86.000, 72.000 y 71.000 pasajeros en 2019) (AENA, 2020 b). Actualmente, las compañías que ofrecen servicio son: Air Nostrum, Binter Canarias, Iberia, Ryanair, Volotea, Vueling y Wizz Air (AENA, 2021). Desde el año 2000 el aeropuerto ha experimentado un crecimiento en el número de pasajeros y trayectos realizados, habiendo un único descenso entre los años 2012-2016 (Gráfica 5).

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres



Gráfica 5. Evolución del número de pasajeros del aeropuerto de Seve Ballesteros-Santander desde 2000 (en miles).

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de AENA (2020 a)

4.3 Políticas urbanas propuestas para el municipio de Santander

Una vez realizado el análisis de la situación actual del municipio de Santander, se procede a definir una serie de propuestas para su aplicación en la planificación urbana del municipio. Esta serie de propuestas sigue los objetivos, ya planteados por el Ministerio de Fomento, de mejorar la calidad de vida e incrementar la sostenibilidad del propio municipio (Ministerio de Fomento, 2010).

Para ello, las políticas urbanas para guiar la implantación de los vehículos autónomos que se van a proponer se han definido teniendo en cuenta objetivos y medidas aplicadas según los puntos 3.1.1 y 3.1.2. Estas propuestas deben estar en consonancia tanto con las directrices marcadas del Plan General de Ordenación Urbana (2012), aunque no esté vigente, como las del Plan de Movilidad Sostenible de Santander. Para poder medir el impacto y el desarrollo de las propuestas, se propone utilizar los indicadores planteados en el Sistema Municipal de Indicadores de Sostenibilidad del Ministerio de Fomento (2010). Es por ello que se deben tener en cuenta esta serie de puntos para el desarrollo de las políticas urbanas a aplicar:

- Primar la conservación del espacio verde y del entorno natural ante cualquier tipo de actuación, con el objetivo de impulsar un municipio con mayores zonas verdes y naturales.
- Incrementar la calidad urbana en el municipio, reduciendo la movilidad en vehículo privado para así devolver dicho espacio vial al ciudadano. Con ello, se generan zonas peatonales dentro del centro urbano del municipio y en las zonas comerciales.
- Fomentar el uso del vehículo autónomo compartido como alternativa de movilidad frente al vehículo privado. Para ello, es necesario rediseñar la red vial y la estructura urbana, respetando los criterios de peatonalización y conservación del espacio verde urbano.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

- Redistribuir los aparcamientos del municipio de Santander, disminuyendo el número de aparcamientos en la ciudad y transformando las grandes superficies de aparcamientos exteriores en zonas verdes urbanas.

Para estudiar el impacto que pueden tener estas políticas urbanas, se analizará para cada una de ellas cómo se comporta el municipio en la actualidad, y cómo se comportaría tras la aplicación de dicha política.

4.3.1 Peatonalización del municipio

Los espacios peatonales suelen ser las zonas más frecuentadas por los ciudadanos en los centros de las ciudades, debido a la posibilidad de realizar diferentes actividades dentro de un espacio urbano peatonal de grandes dimensiones. Por ello, peatonalizar estas zonas genera un aumento de las funciones que tenían estos espacios, como puede ser la actividad económica, sumándole nuevas funciones, tales como una mayor interacción social o la creación de nuevos espacios verdes (Aşilioğlu & Duygu Çay, 2020).

Es frecuente que los espacios urbanos considerados para la peatonalización tengan una alta intensidad de tráfico, debido a la ubicación que presentan. Esto puede generar problemas de equilibrio en el tráfico vial, ya que es complejo cumplir con las necesidades de todos los usuarios de estas zonas. De este modo, no todos los espacios pueden ser susceptibles de ser peatonalizados si no hay alternativas de ruta para los usuarios. Por el contrario, debido a este aumento de espacio para el peatón o la bicicleta estos interactúan más con el lugar, debido a que disponen de un mayor espacio y baja la densidad de las calles. Esto hace que satisfacer las necesidades del peatón sea más fácil en zonas peatonalizadas que en zonas multimodales (Aşilioğlu & Duygu Çay, 2020).



Ilustración 46. Peatonalización de la calle Juan de Herrera, Santander.

Fuente: El Diario Montañés (2011)

Es importante localizar cuáles son las zonas que funcionan como grandes generadores de desplazamientos, y cuáles son los itinerarios asociados, para valorar la viabilidad de la

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

peatonalización de dicha zona. Las cualidades que se definen en el PMS de Santander que deben cumplir los itinerarios peatonales son:

- Funcionalidad: Se ha de conectar los focos principales de generación y atracción de viajes, evitando los rodeos y las esperas innecesarias. Es importante una correcta conexión peatonal a las estaciones de transporte público, comercios y equipamientos relevantes de la zona.
- Continuidad: Las zonas peatonales deben estar correctamente diseñadas de manera que no existan zonas de alta intensidad de tránsito, permitiendo un desplazamiento cómodo para el viandante.
- Seguridad: Se debe garantizar la seguridad para los peatones en la separación de las calzadas y en las zonas donde puedan entrar ciertos vehículos, con la señalización pertinente.
- Confortabilidad: Las zonas peatonales deben de ser espacios amplios, con un pavimento en buen estado, con pendientes moderadas en el peor de los casos, protegidos del exceso del ruido del tráfico, con zonas de protección ante lluvia o sol, y con espacios para descansar.
- Atractivo: Toda zona peatonal debe ser un espacio agradable para el peatón, con elementos que potencien su atractivo como la vegetación.

Con la introducción del vehículo autónomo, el espacio público y la planificación urbana puede sufrir grandes transformaciones (Stead & Vaddadi, 2019). La llegada del vehículo autónomo permite plantear ciertos escenarios para la planificación urbana (Nogués, González-González, & Cordera, 2020), donde la peatonalización del centro urbano de la ciudad puede ser una de las medidas más importantes para conseguir ciudades más cohesionadas e integradas con el medio ambiente.

En este estudio, se propondrá la creación de zonas peatonales dentro del centro urbano de la ciudad de Santander, en base a los criterios marcados en el Plan de Movilidad Sostenible de Santander, junto con las diferentes formas de planificar la integración de los vehículos autónomos en el municipio (3.1.1 y 3.1.2, *Propuestas generales y Propuestas de aplicación a casos concretos*) y las necesidades del mismo.

Cálculo de índices para la peatonalización

Para comprobar el impacto que se obtiene tras peatonalizar ciertas zonas del municipio, se estudiará mediante una serie de índices ciertas características del municipio antes y después de la implantación de las políticas urbanas. Estos índices quedan definidos como:

- ***Índice de Infraestructura para peatón:***

Para un distrito i:

$$IP_i = \frac{m^2 \text{ de suelo urbano para peatones (red peatonal)}}{m^2 \text{ de suelo urbano para vehículos (red vial)}}$$

- ***Nº de dotaciones accesibles desde cada distrito:***

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

Para un determinado distrito i , se calculará mediante el centro geográfico de cada una de sus secciones los equipamientos accesibles en un determinado tiempo.

- **Tiempo de acceso:**

Se calculará para un tipo de equipamiento un mapa de tiempos de accesos del municipio.

Tabla 34. Cálculo de los diferentes índices para comprobar el impacto de la peatonalización.

Índice	Datos de cálculo
Infraestructura para peatones	Se calculará el porcentaje de espacio urbano disponible para los peatones respecto al espacio urbano viario antes de implantar las políticas sobre peatonalización
Dotaciones para el ciudadano	Se calculará el número de espacio disponible para el peatón, siendo estos criterios: <ul style="list-style-type: none"> - Equipamientos disponibles en un radio de 10 minutos andando desde los puntos centrales de las diferentes secciones de cada distrito. - Equipamientos disponibles en un radio de 2 minutos en vehículo desde los puntos centrales de las diferentes secciones de cada distrito. - Área peatonal (km^2)
Tiempo de acceso	Se calculará desde los siguientes equipamientos los tiempos de acceso de una duración determinada dependiendo del modo de transporte (para red vial: 1, 2, 5 y 10 minutos. Para red peatonal: 5, 15 y 30 minutos) en el municipio: <ul style="list-style-type: none"> - Zonas verdes - Equipamientos sanitarios - Equipamientos educativos - Comercios

Fuente: Elaboración propia

4.3.2 Ampliación de las zonas verdes del municipio

El planeta lleva décadas experimentando los efectos del cambio climático y de las consecuencias de los problemas ambientales que el ser humano está generando. La deforestación, el transporte contaminante, el derroche de energía, la agricultura y ganadería no sostenible o la industrialización son algunos de los principales problemas que existen tanto en las grandes ciudades como en las Comunidades Autónomas españolas.

Por ello, debido a estas causas que provocan cambios tanto en los ecosistemas de los municipios como en los climas, existe una nueva corriente política que aboga por un cambio en las políticas de planificación, incentivando las zonas verdes dentro de las ciudades, revegetándolas y creando pequeños ecosistemas en algunos casos. Esto crea un beneficio directo para el ciudadano (Russo & Cirella, 2018) ya que pueden aprovechar

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

estos espacios para tener un contacto directo con la naturaleza sin tener que salir del municipio.

Con la entrada del vehículo autónomo en las ciudades y la consecuente liberación del espacio vial para los vehículos y del estacionamiento, es posible aumentar el espacio destinado a zonas verdes y la revegetación de ciertos barrios del municipio de Santander donde hay un mayor déficit de espacios naturales.

Criterios para la introducción de las Zonas Verdes

Para la introducción de zonas verdes en el municipio de Santander, se van a tener como referencia ciertos puntos a la hora de decidir su ubicación. Gracias a la liberación del espacio público dedicado al estacionamiento o al espacio vial, se puede aplicar un diseño más sostenible del nuevo trazado urbano. Por ello, los criterios seleccionados para implantar zonas verdes deben ser:

- Para el conjunto del municipio, de acuerdo con los Indicadores de Sostenibilidad previamente establecidos (Tabla 17), las zonas verdes deben cumplir la siguiente condición:

$$\text{Índice ZV} = > 10 \sim 15 \frac{\text{m}^2 \text{ de zona verde}}{\text{habitante}}$$

- Implementar zonas verdes en las zonas de estacionamiento de los distritos con mayor déficit de espacios naturales (Índice de zona verde < a 4 m²/habitante)
- Introducción de zona verde en los espacios peatonalizados.

4.3.3 Usos de los aparcamientos en el municipio de Santander

En las ciudades hoy en día existen problemas relacionados con el estacionamiento de vehículos. El alto uso del vehículo privado para los desplazamientos cotidianos de los ciudadanos, unido al hecho de que las ciudades son grandes atractores de viajes, hace que se demanden gran número de aparcamientos.

Como consecuencia de este problema, muchos municipios han optado por la aplicación de medidas urbanas con la intención de reducir el número de aparcamientos en los núcleos urbanos, junto con el fomento del transporte público. Esto no solo es compatible con el vehículo autónomo compartido, sino que el espacio de grandes aparcamientos superficiales puede reutilizarse como zonas de estacionamiento y carga para los VA o como espacios verdes o dotacionales, para mejorar la calidad de vida en la ciudad. El aprovechamiento de estos espacios, junto con la creación de aparcamientos disuasorios en la periferia de las ciudades y la reducción del aparcamiento en línea y batería dentro del suelo urbano puede disminuir hasta el 87% el número de aparcamientos dentro del núcleo urbano (Nourinejad, Bahrami, & Roorda, 2017).

El nuevo sistema de aparcamiento en las grandes zonas de estacionamiento superficial (Ilustración 47) es un sistema de “Input – Output”, por lo que el aprovechamiento del espacio es de mucho mayor rendimiento, pudiendo aparcarse muchos más vehículos que de forma convencional.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres



Ilustración 47. Zonas de estacionamiento de vehículos autónomos.

Fuente: AutoEvolution.com (2017)

La creación actual de zonas de estacionamiento disuasorio puede ser muy útil, tanto en el presente como en el futuro. Estas zonas actualmente pueden utilizarse como estacionamiento disuasorio y para fomentar de transporte público, como una primera fase de la implantación del vehículo autónomo y la reducción del vehículo privado dentro de la ciudad. Con el paso del tiempo, estos aparcamientos disuasorios ubicados fuera de la ciudad se podrían convertir en zonas de almacenaje del vehículo autónomo compartido, como consecuencia de la desaparición del vehículo privado dentro del municipio, mientras que los aparcamientos disuasorios ubicados en la ciudad se convertirán en zonas verdes, debido a la reducción del número de vehículos.

Elección de localización de los aparcamientos disuasorios

La designación de los lugares idóneos para establecer los aparcamientos disuasorios periféricos es importante para que dicha infraestructura tenga la mayor vida útil posible. Como se ha mencionado en el apartado anterior, estas zonas de estacionamiento disuasorio pueden funcionar en dos fases diferentes: primero como aparcamiento disuasorio hasta la introducción completa del vehículo autónomo y la prohibición para circular por ciudad del vehículo privado, y la segunda, tras la implementación del vehículo autónomo compartido en la ciudad.

Debido a esto, se estudiará si los aparcamientos disuasorios planteados por el Plan de Movilidad Sostenible de Santander son los más idóneos o, por el contrario, existen zonas con mejor posicionamiento para realizar este tipo de servicio.

Por ello, se estudiará cada aparcamiento disuasorio en dos fases:

- 1ª Fase: Uso de la infraestructura como Aparcamiento Disuasorio.
- 2ª Fase: Uso de la infraestructura como Zona de Estacionamiento y Almacenaje para los VA.

Para ambas fases se debe estudiar el tiempo de los trayectos desde las zonas de estacionamiento disuasorio a los principales equipamientos del municipio para poder designar de la mejor manera la ubicación de estos. En caso de que los aparcamientos

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

disuasorios periféricos planteados en el PMS de Santander no sean los indicados o los suficientes, se propondrán diversas alternativas para conseguir cumplir los criterios establecidos.

Reducción de los aparcamientos en el centro urbano de Santander

El estacionamiento representa una buena parte del espacio vial que se encuentra en las calzadas de los municipios. En Santander se ha intentado regular el espacio destinado al estacionamiento en el centro urbano de la ciudad mediante diferentes soluciones propuestas en el Plan de Movilidad Sostenible de Santander (2010). Dentro de PMS de Santander, se recoge el Plan de Regulación del Sistema de Aparcamiento, donde se proponen distintas alternativas para el estacionamiento de cara al futuro, con la idea de reducir paulatinamente el tráfico y la superficie de aparcamiento en el centro urbano del municipio.

Por ello, desde el PMS de Santander se planteó la reordenación del sistema de aparcamiento limitado como posible alternativa para la reducción del tráfico rodado en el centro urbano de la ciudad. El sistema de aparcamiento limitado (zona OLA) desincentiva el uso del transporte privado mediante el pago por estacionamiento, incentivando diferentes modos de transporte, como puede ser el uso del transporte público (más económico) o la movilidad activa. Debido a que en el PMS queda reflejada la necesidad de reordenación de este sistema de estacionamiento, se propone analizar la posibilidad de implantar zonas verdes, carriles bici o espacio para el peatón en el espacio reordenado de zona OLA, con el fin de mejorar la calidad del ciudadano.



Ilustración 48. Estacionamiento en zona OLA en Santander.

Fuente: Plan de Movilidad Sostenible de Santander (2010)

Por ello, se estudiará cómo afecta las medidas tomadas frente al estacionamiento urbano en el municipio de Santander, como son:

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

- Cantidad de aparcamientos superficiales reconvertidos a zonas verdes o espacios públicos

5 Propuesta de aplicación de las políticas elegidas

Una vez analizado el municipio de Santander y desarrollado una serie de políticas urbanas sobre la adaptación del entorno urbano a la implementación del vehículo autónomo, se procede a comprobar mediante un Sistema de Información Geográfica (ArcGIS®) cómo afecta y qué consecuencias tiene para el municipio la ejecución de dichas medidas. Este tipo de software permite realizar un análisis de la información geográfica disponible en diferentes ámbitos de la ingeniería ambiental, planificación urbana, manipulación de datos... que esté vinculada a una referencia espacial. Con ello, se pueden realizar análisis de una manera más visual y con mayor facilidad.

Las políticas urbanas desarrolladas para implementar en el municipio de Santander son de tres tipos: peatonalización, ampliación de las zonas verdes y el nuevo uso y función de los estacionamientos distribuidos por el municipio. Para desarrollar esta aplicación se han utilizado principalmente los datos ofrecidos por el Ayuntamiento de Santander mediante el portal Santander Datos Abiertos (Ayuntamiento de Santander, 2013).

5.1 Índices e indicadores actuales del municipio de Santander

Para poder valorar el impacto de las políticas urbanas propuestas previamente es necesario primero conocer el estado actual del municipio de Santander. Para eso, se analizarán diferentes aspectos, basados en los indicadores e índices propuestos en el punto 4.3 (*Políticas urbanas propuestas para el municipio de Santander*), que son:

- Índice de Infraestructura para peatones
- Número de dotaciones accesibles desde cada distrito
- Tiempo de acceso para peatones y vehículos a los equipamientos
- Densidad de zonas verdes los distritos
- Elección de aparcamientos disuasorios fuera del centro urbano del municipio

5.1.1 Índice de infraestructura para peatones

En la actualidad, la sostenibilidad urbana, junto con la compacidad y la tendencia a evitar la aparición de la dispersión urbana de las ciudades hace que se le entregue mayor cantidad de espacio público urbano al peatón. Es por ello por lo que es interesante analizar cuánta infraestructura para peatones existe en el municipio de Santander. La infraestructura para peatones se entiende como la cantidad de metros lineales donde el peatón puede transitar.

Para calcular el índice de infraestructura para peatones del municipio se procede a trabajar principalmente con dos Geodatabases, que son la red peatonal y la red vial. Con ello, se calculará el espacio vial en metros lineales y metros cuadrados que tiene el peatón y el vehículo para poder obtener el índice actual, estimando un promedio de ancho de acera y ancho de vía para todas las calles.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

Para las aceras, se estimarán 3 posibles casos, debido a que no se tienen datos de la anchura media de las aceras del municipio. Por ello, se realizará el cálculo para una anchura media de 2,5, 3 y 3,6 metros, mientras que para la red vial se ha propuesto una anchura media de 3,5m. Estas anchuras medias se han escogido según 3 tipologías de calles A, C y F recogidas en el PGOU de 2012 (**Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

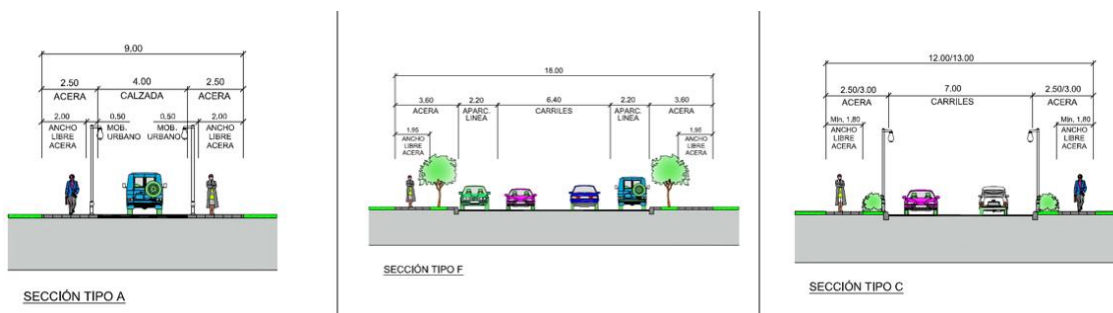


Ilustración 49. Tipología de calles recogidas en el PGOU de 2012.

Fuente: Memoria Informativa del Plan General de Ordenación Urbana de Santander (2012)

Con ello, el municipio presenta un índice de infraestructura para el peatón que oscila entre el 47,2% y el 51,79%, datos ligeramente lejanos a los óptimos según el Sistema Municipal de Indicadores de Sostenibilidad.

Tabla 35. Metros lineales, metros cuadrados e Índice de infraestructura para peatón actual de los distritos de Santander

	Caso 1 (anchura 2,5 m)	Caso 2 (anchura 3 m)	Caso 3 (anchura 3,6 m)
Índice de infraestructura para el peatón	42,72%	47,23%	51,79%

Fuente: Elaboración propia

Es por ello por lo que, con el proceso de implantación de los vehículos autónomos, junto con otras políticas urbanas (como la peatonalización de ciertas zonas de la ciudad), este índice se puede crecer a favor del peatón y de la movilidad activa aún más tras aplicar políticas de peatonalización. Es muy importante también conocer qué zonas deben de ser las indicadas para fomentar la peatonalización, ya que dependiendo de los equipamientos que tenga a su alrededor, esta medida tendrá un mayor impacto en la sociedad.

5.1.2 Número de dotaciones accesibles desde cada distrito

Dentro de un municipio, es interesante comprobar cómo de accesible son las secciones de los distritos a los diferentes equipamientos que hay repartidos por el municipio.

Es por ello por lo que es interesante analizar la accesibilidad a las dotaciones en dos modos de transporte, como son la movilidad activa (a pie) y el vehículo privado. Para ello, se marca un tiempo máximo de trayecto, que son 10 minutos para la movilidad activa y 2 minutos para el vehículo. Este tiempo refleja la accesibilidad que tiene un distrito a

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

los diferentes equipamientos del municipio en un trayecto relativamente cómodo, donde el usuario del equipamiento puede desplazarse desde este lugar a su domicilio sin realizar un largo trayecto.

En cuanto a las velocidades, se considera una velocidad de 4-5 km/h para los trayectos realizados a pie, mientras que para la movilidad viaria se considerarán las siguientes velocidades:

- 80-100 km/h en autovías.
- 70 km/h en carreteras convencionales
- 50 km/h en carreteras urbanas con dos carriles para cada sentido
- 30 km/h en carreteras urbanas con un solo carril para cada sentido



Ilustración 50. Velocidades de las carreteras en el municipio de Santander.

Fuente: Elaboración propia

Para ello, se estima un “Área de Servicio” desde los centros de las diferentes secciones que componen los 8 distritos de Santander. Esta área permite obtener cuántos equipamientos y espacios libres están accesibles desde cada distrito en el modo y tiempo determinado. Estos equipamientos y espacios libres se dividen en 4 tipos principales, que son:

- Centros educativos
- Centros sanitarios
- Zonas verdes (parques y jardines)
- Comercios

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

5.1.2.1 A pie

Como se ha mencionado anteriormente, para la movilidad activa se tendrá únicamente como medio de transporte el viaje a pie. Tras calcular el “Área de Servicio” para los 8 distritos, se puede observar cómo el distrito 7 es el que mejores conexiones tiene con parte de las zonas verdes del municipio y los centros sanitarios y educativos (Tabla 36). Por el contrario, el distrito 5 es el que presenta un mayor déficit en los mismos equipamientos.

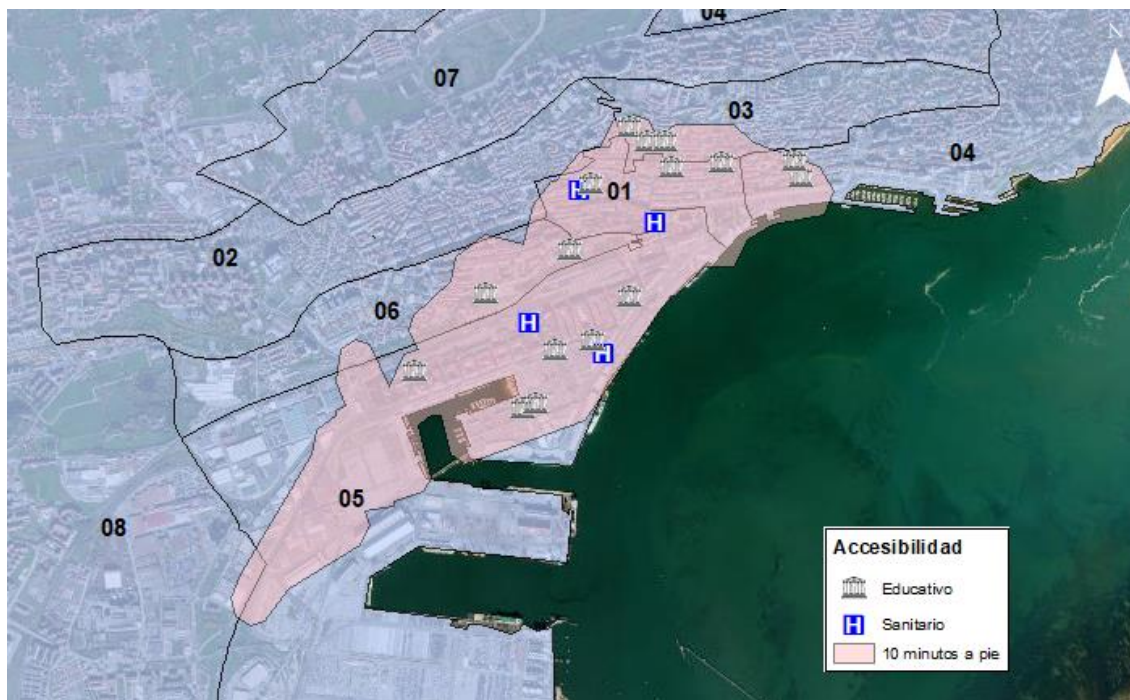


Ilustración 51. Área de Servicio del Distrito 5 a pie antes de la aplicación de políticas urbanas

Fuente: Elaboración propia.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

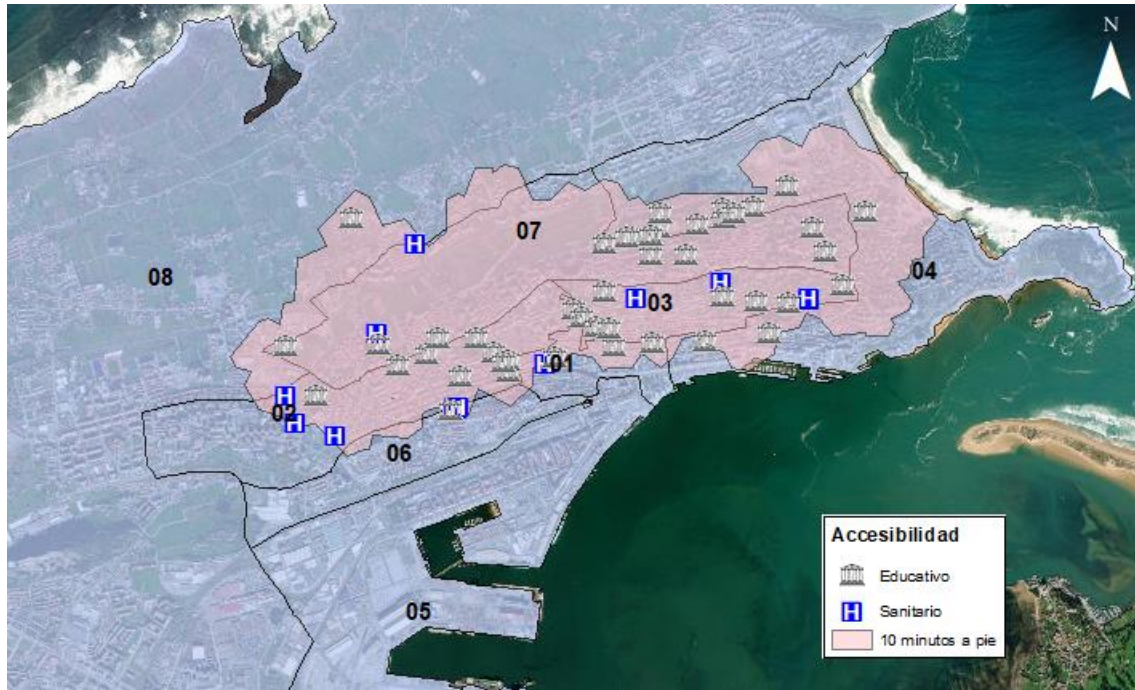


Ilustración 52. Área de Servicio del Distrito 7 a pie antes de la aplicación de políticas urbanas

Fuente: Elaboración propia.

A su vez, el distrito 8 es el que presenta un mayor déficit en el número de comercios. Esto es debido a que los comercios están localizados principalmente en los distritos centrales de la ciudad (1 y 2), quedando los centros de las secciones de dicho distrito bastante alejados de ellos.

Tabla 36. Número de equipamientos accesibles a 10 minutos andando desde los diferentes distritos de Santander

	Sanitarios	Jardines	Parques	Educativos	Comercios
Distrito 1	7	12	1	20	992
Distrito 2	12	18	1	37	1023
Distrito 3	6	17	1	30	842
Distrito 4	5	30	5	34	698
Distrito 5	4	8	2	16	901
Distrito 6	10	13	2	24	881
Distrito 7	14	37	2	46	923
Distrito 8	9	18	2	27	175

Fuente: Elaboración propia

5.1.2.2 En vehículo privado

Para el vehículo privado, el distrito 7 es el distrito que cuenta con una mayor accesibilidad a todos los equipamientos. En cuanto a accesibilidad para los comercios, es el distrito 1 el que presenta una mejor conexión (Tabla 37).

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

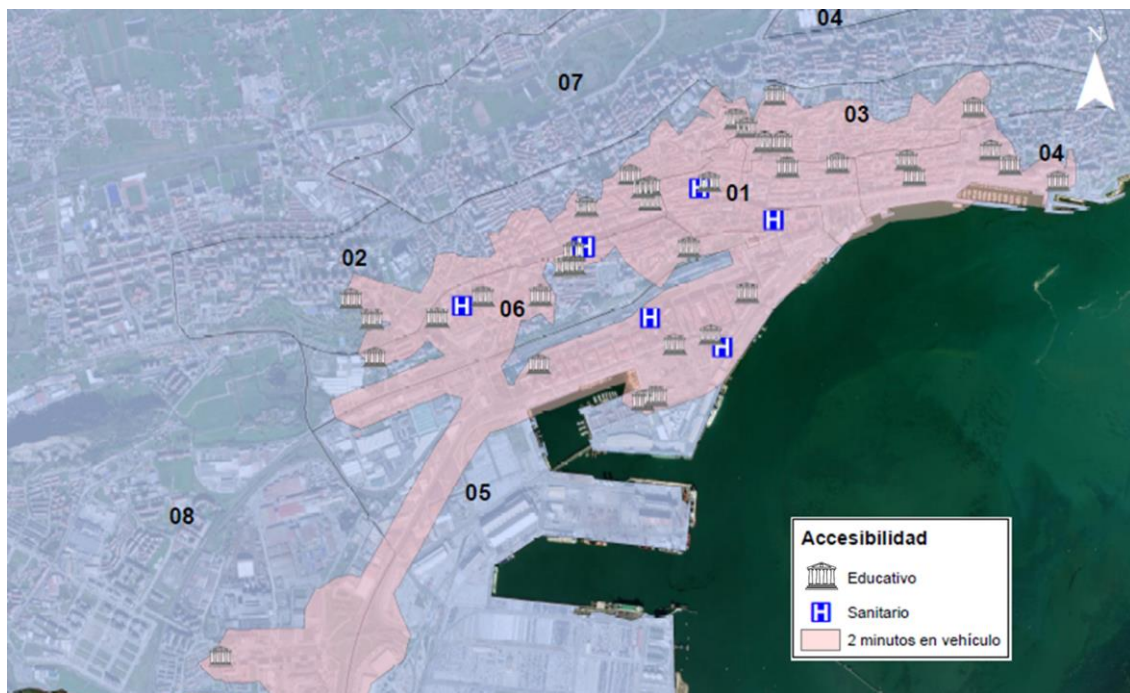


Ilustración 53. Área de Servicio del Distrito 5 en vehículo antes de la aplicación de políticas urbanas

Fuente: Elaboración propia

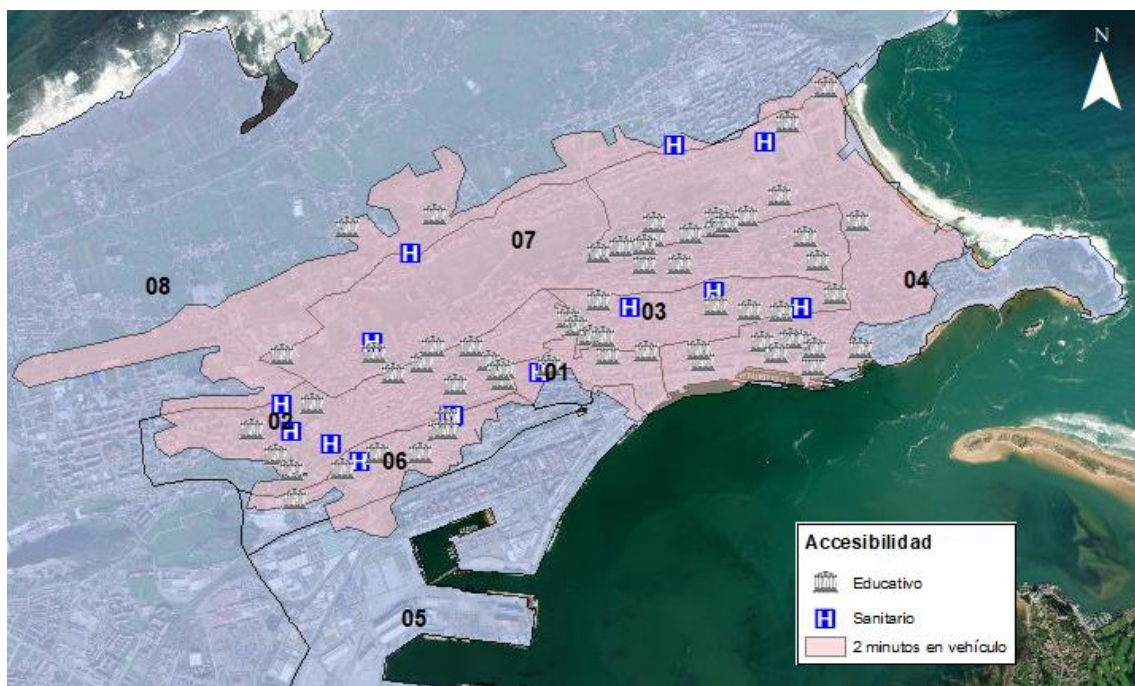


Ilustración 54. Área de Servicio del Distrito 7 en vehículo antes de la aplicación de políticas urbanas

Fuente: Elaboración propia

El distrito 8, pese a que mejora en el número total de comercios a los que tiene acceso respecto a la movilidad activa, sigue siendo con diferencia el distrito con peor accesibilidad a dicho servicio.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

En cuanto a las zonas verdes, se puede observar cómo los distritos más céntricos (1, 2, 3, 5 y 6) tienen una accesibilidad menor a parques y jardines con respecto a los distritos restantes.

Tabla 37. Número de equipamientos accesibles a 2 minutos en vehículo desde los diferentes distritos de Santander

	Sanitarios	Jardines	Parques	Educativos	Comercios
Distrito 1	12	43	1	28	1329
Distrito 2	16	26	3	48	1271
Distrito 3	6	26	1	46	1028
Distrito 4	11	35	3	35	1002
Distrito 5	9	19	2	36	1262
Distrito 6	11	14	2	33	1144
Distrito 7	17	46	5	65	1208
Distrito 8	10	32	4	36	253

Fuente: Elaboración propia

5.1.3 Área de influencia de las dotaciones

Como complemento para comprobar la accesibilidad del municipio, se procede a calcular los tiempos de acceso de los diferentes equipamientos en Santander. Para ello, se realizará un “Área de Servicio” desde cada tipo de equipamiento individualmente en las dos modalidades de transporte previamente utilizadas: movilidad a pie y vehículo privado. Con ello, se consigue observar el área de influencia en diferentes tiempos para cada equipamiento (para la movilidad activa; 5, 15 y 30 minutos, para automóviles, 1, 2 y 10 minutos).

Dentro de los diferentes equipamientos, se analizará el área de servicio de cuatro equipamientos básicos de los centros sanitarios y educativos, que son:

- Universidades (Ilustración 55)
- Centros educativos públicos (Ilustración 56)
- Hospitales (Ilustración 57)
- Centros de salud y consultorios locales (Ilustración 58)

La ubicación de las universidades hace que la accesibilidad a ellas, tanto a pie como el vehículo abarque la mayor parte del municipio. Al estar las facultades ubicadas mayormente en dos zonas concretas (Avenida de los Castros y Cuatro Caminos), el centro urbano de la ciudad se encuentra a menos de 30 minutos a pie de ambas zonas. En cuanto al vehículo, la ubicación de las universidades hace que el tiempo de trayecto sea bastante reducido, debido a que se encuentran accesibles desde la S-20 (facultades de la Avenida de los Castros) y la S-10 (facultades de Cuatro Caminos).

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

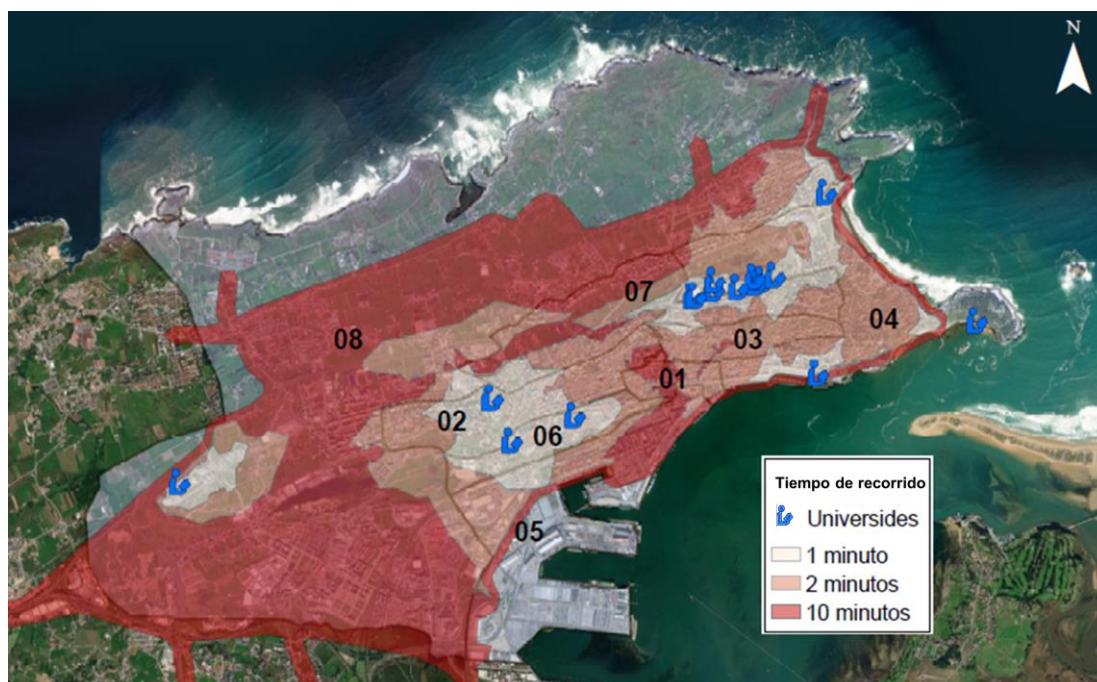
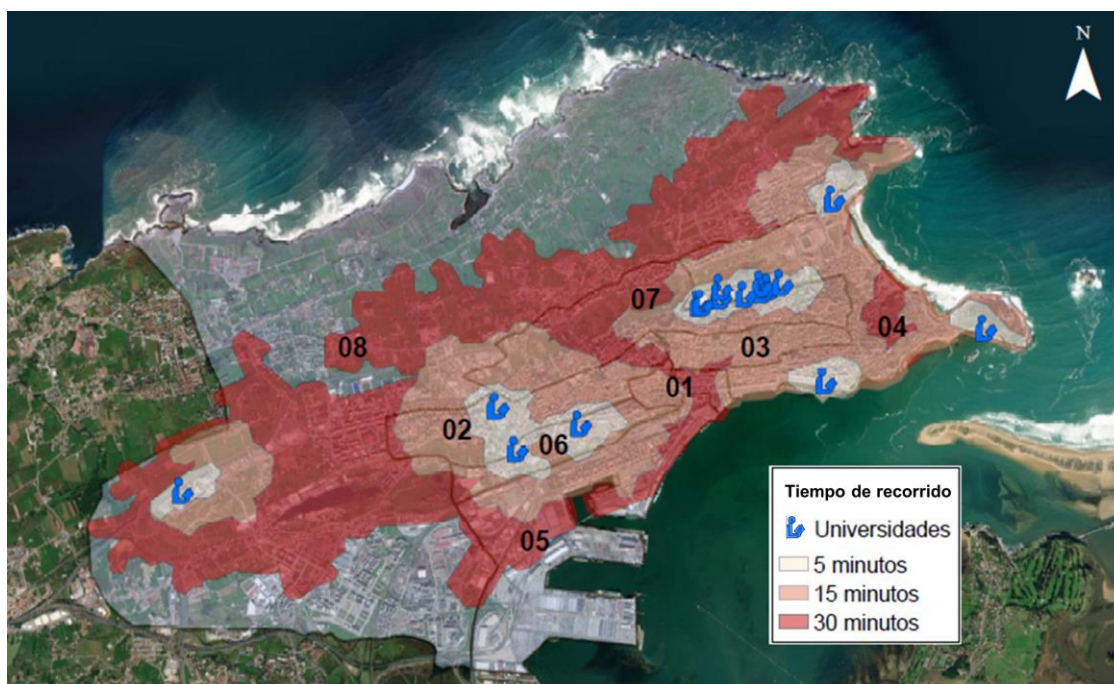


Ilustración 55. Áreas de Servicio de las universidades en vehículo privado y a pie

Fuente: Elaboración propia

Los colegios públicos se encuentran repartidos por todos los distritos del municipio. Con ello, la accesibilidad a dichos equipamientos a pie es bastante reducida, disponiendo gran parte de los distritos algún colegio público en un trayecto menor de 15 minutos. Esto se ve incrementado para los vehículos, donde se reduce la duración del trayecto.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

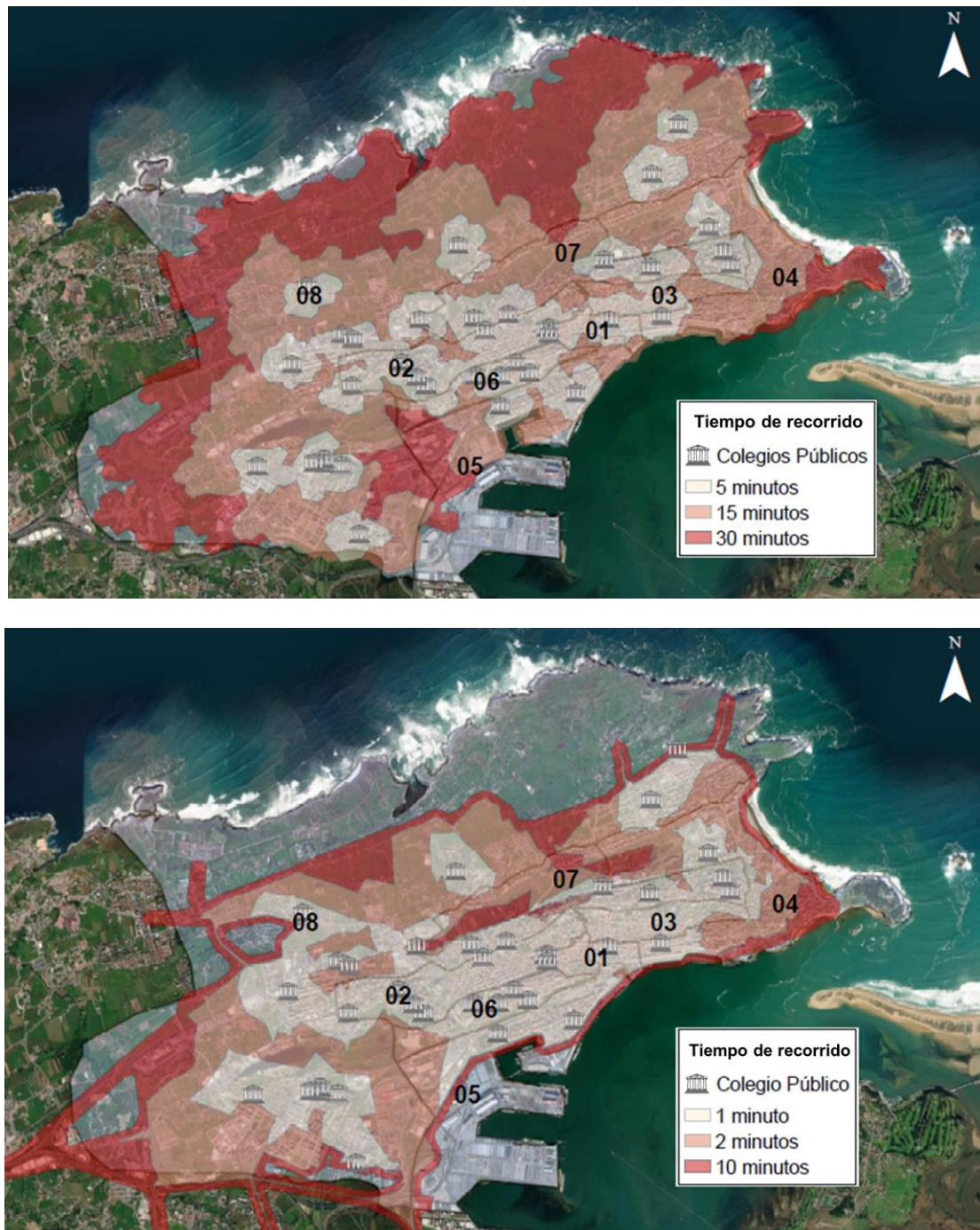


Ilustración 56. Áreas de Servicio de los Colegios Públicos a pie y el vehículo privado

Fuente: Elaboración propia

En el caso de los centros hospitalarios, al disponer únicamente de cuatro centros en la ciudad la accesibilidad de algunos distritos a estos centros disminuye. Esto se debe a que este tipo de equipamientos no es de uso diario, por lo que la cantidad de equipamientos se reduce, siendo proporcional a la reducción de la accesibilidad a esta tipología de equipamientos.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

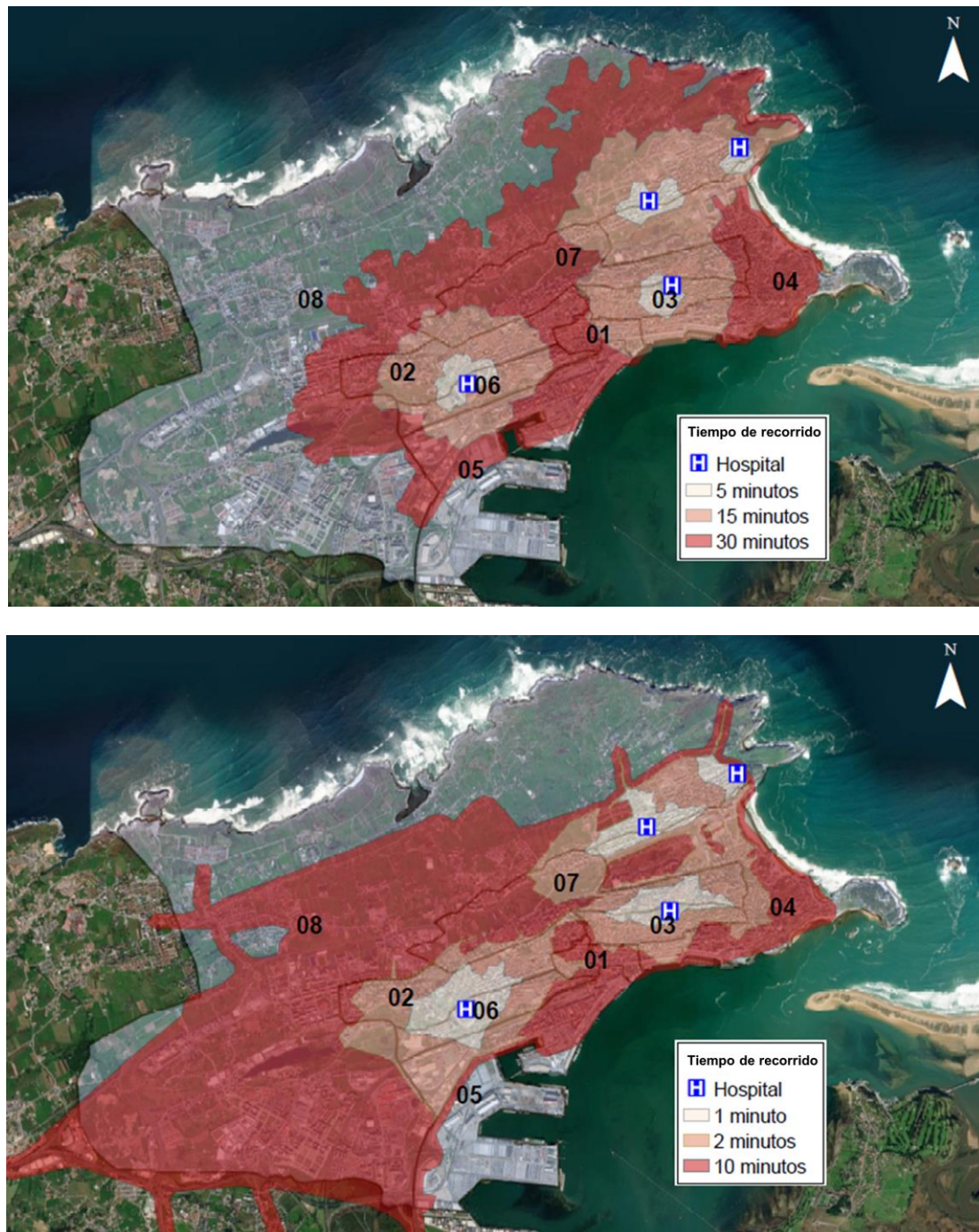


Ilustración 57. Áreas de Servicio de los Hospitales en vehículo privado y a pie

Fuente: Elaboración propia

Para los centros de salud, la accesibilidad a estos equipamientos es mayor que para los hospitales, debido al aumento de equipamientos. Para los distritos del centro urbano, la accesibilidad a pie es mayor que para los distritos 7 y 8, debido a la ubicación de los mismos.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

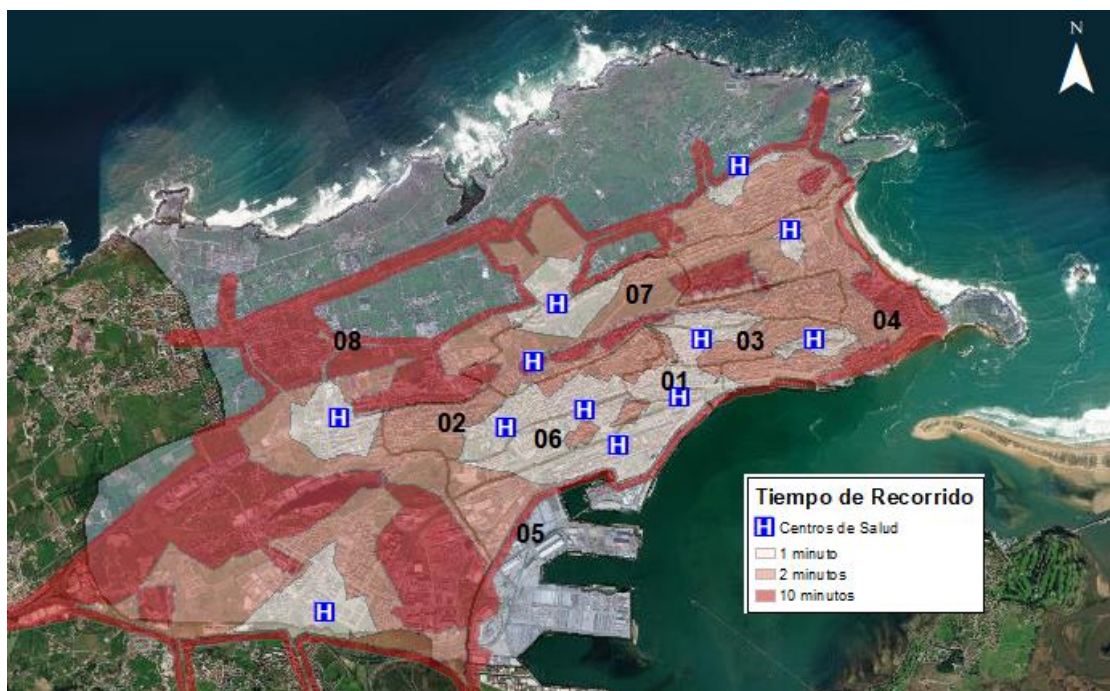
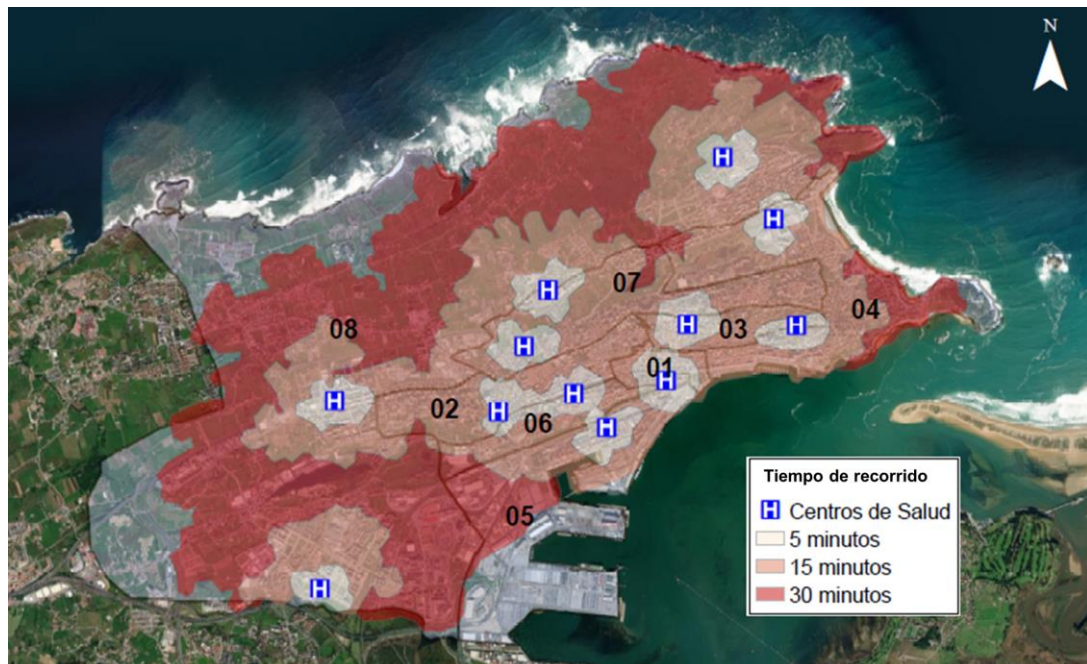


Ilustración 58. Áreas de Servicio de los Centros de Salud en vehículo privado y a pie

Fuente: Elaboración propia

5.1.4 Densidad de zonas verdes

Para evaluar la situación actual del municipio respecto de la cantidad de zonas verdes que dispone, se utilizará el índice de “Densidad de Zona Verde por habitante”, como se mencionó en el apartado 4.3.2 (*Ampliación de las zonas verdes del municipio*). Este indicador muestra la superficie por habitante que tiene el municipio, siendo mayor de 10-15 m²/habitante una densidad aceptada para un municipio del tamaño de Santander.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

Debido a la diferencia sustancial que existe entre los diferentes distritos en cuanto al área de parques y jardines que se dispone, es necesario analizar qué distritos necesitan un mayor número de parques y jardines.

Tabla 38. Índice de densidad de zona verde por habitantes en el municipio de Santander

Distrito	Población	Área Total (m ²)	Densidad ZV (m ² /hab)
01	9.551	27519,98	2,88
02	27.106	132506,44	4,89
03	14.931	33173,73	2,22
04	16.912	626908,50	37,07
05	17.288	21957,65	1,27
06	14.377	63395,29	4,41
07	27.456	91301,12	3,33
08	44.918	435584,96	9,70
Total	172.539	1432347,66	8,30

Fuente: Elaborado a partir de Datos de ICANE (2019 d)

Santander presenta un índice de Densidad de Zona Verde de 8,3 m²/habitante (Tabla 38), ligeramente por debajo del valor deseado. Los distritos que componen la ciudad de Santander (a excepción del distrito 4) presentan una cantidad muy baja de zonas verdes respecto al número de habitantes del que disponen.



Ilustración 59. Parques y Jardines actuales

Fuente: Elaborado a partir de los datos ofrecidos por Santander Datos Abiertos (2013)

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

5.1.5 Grandes aparcamientos superficiales

El municipio de Santander dispone de diversos aparcamientos superficiales distribuidos por todo el territorio (Tabla 32). Actualmente, estos aparcamientos superficiales suman una pequeña parte de los aparcamientos totales que tiene la ciudad, debido a que en la gran mayoría de las calles existe aparcamiento en línea y/o batería.



Ilustración 60. Aparcamientos superficiales y disuasorios propuestos en el PGOU de 2012.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos ofrecidos en la Memoria Informativa del PGOU (2012)

Pese a que en el PMS de Santander se propuso una serie de aparcamientos disuasorios (tanto urbanos como periféricos), actualmente el único que se encuentra en funcionamiento como tal es el ubicado en el campo de fútbol “El Sardinero”. Este se encuentra abierto durante todo el año de forma gratuita, compaginando su uso de aparcamiento disuasorio, junto con otros usos específicos, como son aparcamiento del

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

estadio de fútbol, del Palacio de Exposiciones y Congresos e incluso campa de ferias y otros eventos.



Ilustración 61. Aparcamiento disuasorio de El Sardinero.

Fuente: Google Maps (2021)

5.2 Propuestas de planeamiento urbano para la implantación de los vehículos autónomos

Tras comprobar el estado actual del municipio de Santander, se comenzará a aplicar las medidas de planificación sobre la introducción de los vehículos autónomos en las ciudades, adoptadas en el capítulo anterior. Con ello, se comprobará los resultados obtenidos para extraer una serie de conclusiones sobre la aplicación de dichas políticas.

5.2.1 Peatonalización y modificación de las velocidades de la red vial

Para comprobar en qué calles se pueden aplicar medidas de peatonalización, y en qué zonas se puede modificar la velocidad de la red vial, se ha realizado una breve búsqueda de aquellas secciones que disponen de, al menos, 25 equipamientos.

Bajo este criterio, principalmente se busca estudiar qué zonas del municipio de Santander tienden a acumular un mayor número de trayectos debido a que los equipamientos actúan como atractores de viajes. Por ello, se considera que estas zonas actualmente tienden a estar más saturadas, ya que suelen ser las secciones del centro de la ciudad donde se acumulan un mayor número de equipamientos. A su vez, la peatonalización en estas zonas tiende a fomentar el crecimiento, no solo de la movilidad activa, sino que actúa también sobre la economía local, incrementándose considerablemente.

Debido a esto, se han encontrado 15 secciones que albergan al menos 25 equipamientos. Estas secciones se concentran en los distritos 1, 2, 4, 5 y 6, distritos que junto al 3 forman el centro urbano de la ciudad de Santander.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres



Ilustración 62. Secciones censales que albergan al menos 25 equipamientos

Fuente: Elaboración propia

Tras este análisis se propone la peatonalización y modificación de las velocidades de la red vial. La introducción de los vehículos autónomos implementa una automatización completa del tráfico, siendo más organizado y, con ello, la red vial se vuelve mucho más eficiente, pudiendo aumentar su capacidad. Esto permite devolver este espacio vial al peatón.

Con la peatonalización del distrito 1 se consigue crear un entorno urbano peatonal mucho más grande que el actual, consiguiendo espacio suficiente para la integración de zonas verdes. El distrito 5 también se ve afectado, con la consecuente eliminación de las calles perpendiculares a la Calle Castilla y Calle Marqués de la Hermida y la peatonalización completa de la zona de la Catedral de Santander.

En cuanto a las velocidades, se ha decidido que las calles principales de las secciones con más de 25 equipamientos se conviertan en calles de Zona 30, debido a que se reducirá parcial o completamente la anchura de la calzada. También se ha decidido adaptar la velocidad de algunas calles, como la Avenida de los Castros (50km/h en algunos de sus tramos).

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres



Ilustración 63. Red vial después de la peatonalización.

Fuente: Elaboración propia

Tras esta modificación, el índice de infraestructura para peatones, pese a ejercer una peatonalización de un total de 12,75 kilómetros de espacio vial en el centro urbano, no ha conseguido una subida excesiva para el conjunto del municipio, quedando por debajo del índice deseado ($> 65\%$).

Tabla 39. Índice de infraestructura para peatones tras la aplicación de políticas urbanas.

	Caso 1 (anchura 2,5 m)	Caso 2 (anchura 3 m)	Caso 3 (anchura 3,6 m)
Índice antes de la peatonalización	42,72%	47,23%	51,79%
Índice tras la peatonalización	43,95%	48,47%	53,03%

Fuente: Elaboración propia

De diferente modo, para el Distrito 1, que es donde se ha peatonalizado gran parte de su espacio público, se observa un incremento considerable en el índice de infraestructura para el peatón, alcanzando para el Caso 2 y 3 más del 65% del espacio público para la movilidad activa.

Tabla 40. Índice de infraestructura para peatones para el Distrito 1 tras la aplicación de políticas urbanas

	Caso 1 (anchura 2,5 m)	Caso 2 (anchura 3 m)	Caso 3 (anchura 3,6 m)
Índice antes la peatonalización	44,98%	49,52%	54,07%
Índice tras la peatonalización	63,15%	67,28%	71,16%

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

Fuente: Elaboración propia

5.2.2 Número de dotaciones accesibles desde cada distrito tras la aplicación de políticas urbanas

Para analizar cómo afecta a la movilidad en vehículo la propuesta de peatonalización del municipio se ha estudiado, bajo las mismas condiciones que en el apartado 5.1.2 (*Número de dotaciones accesibles desde cada distrito*), la accesibilidad a los equipamientos, teniendo un tiempo máximo de 2 minutos como trayecto desde cualquier punto central de las secciones que componen el distrito estudiado.

Tabla 41. Número de equipamientos accesibles a 2 minutos en vehículo desde los diferentes distritos de Santander tras la aplicación de políticas urbanas

	Sanitarios	Jardines	Parques	Educativos	Comercios	Total
Distrito 1	13	26	1	39	1131	1210
Distrito 2	15	27	3	47	1136	1228
Distrito 3	6	26	1	45	956	1034
Distrito 4	9	32	3	33	808	885
Distrito 5	9	15	2	24	1085	1135
Distrito 6	9	14	2	29	915	969
Distrito 7	17	46	4	65	1035	1167
Distrito 8	10	32	4	36	253	335

Fuente: Elaboración propia

La modificación de la red vial da lugar a que los distritos pierdan en su mayoría el acceso a parte de los comercios a los que antes era accesible (Tabla 42). Los distritos, por lo general, apenas llegan a sufrir una disminución en el número de equipamientos a los que se pueden acceder mediante vehículo autónomo, ganando en algunos casos accesibilidad a algún equipamiento (Distrito 1 gana accesibilidad a un equipamiento sanitario). Esto, junto con una mejora en la circulación debido a esta nueva tecnología supone que la accesibilidad futura no va a empeorar tras la entrada de los vehículos autónomos.

Tabla 42. Diferencia en el número de equipamientos accesibles al aplicar políticas urbanas

Diferencia	Sanitarios	Jardines	Parques	Educativos	Comercios	Total
Distrito 1	+1	-2	0	-4	-198	-203
Distrito 2	-1	+1	0	-1	-135	-136
Distrito 3	0	0	0	-1	-72	-73
Distrito 4	-2	-3	0	-2	-194	-201
Distrito 5	0	-4	0	-12	-177	-193
Distrito 6	-2	0	0	-4	-229	-235
Distrito 7	0	0	-1	0	-173	-174

TRABAJO FIN DE MÁSTER

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

Distrito 8	0	0	0	0	0	0
-------------------	---	---	---	---	---	---

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 64. Accesibilidad a los equipamientos y espacios libres principales desde el Distrito 1 actual y después de la implementación de las políticas urbanas

Fuente: Elaboración propia

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

5.2.3 Área de influencia de los equipamientos

Una vez aplicadas las políticas urbanas, se va a comprobar si la accesibilidad a los equipamientos principales (universidades, colegios públicos, hospitales y centros de salud) se han visto alterados.

Para la accesibilidad a las universidades, las modificaciones en la red vial apenas han proporcionado variaciones. En el centro urbano, el área con una accesibilidad mayor a 10 minutos se ha incrementado ligeramente. Esto es debido a que la mayor parte de las variaciones han sido producidas por las modificaciones en la red vial del centro urbano.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

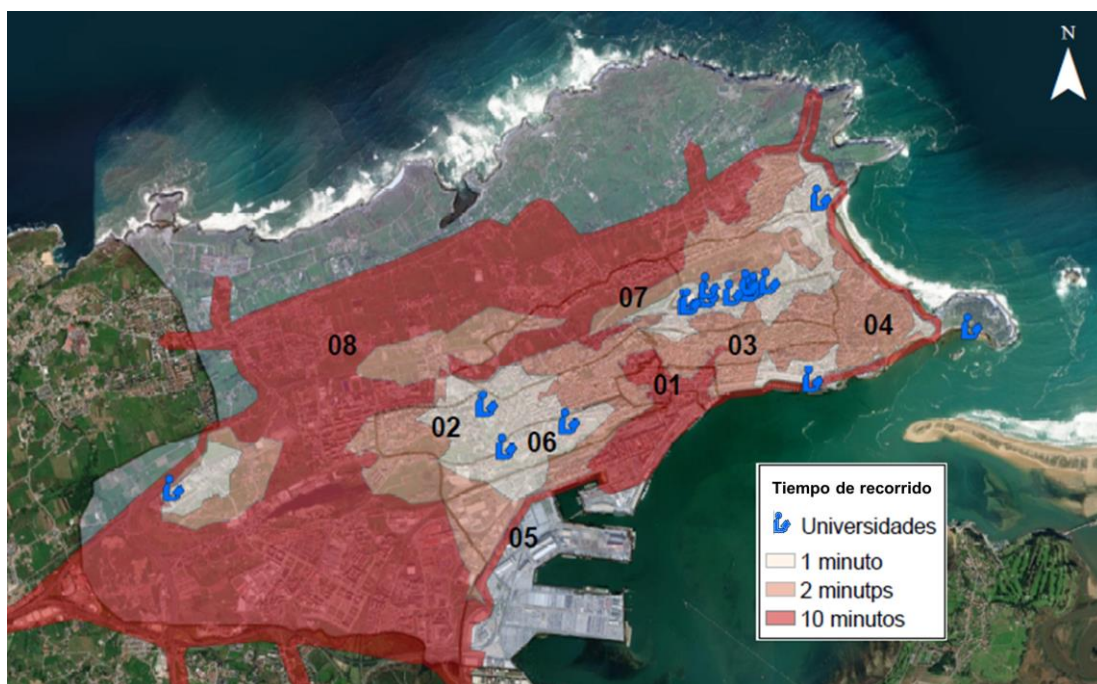
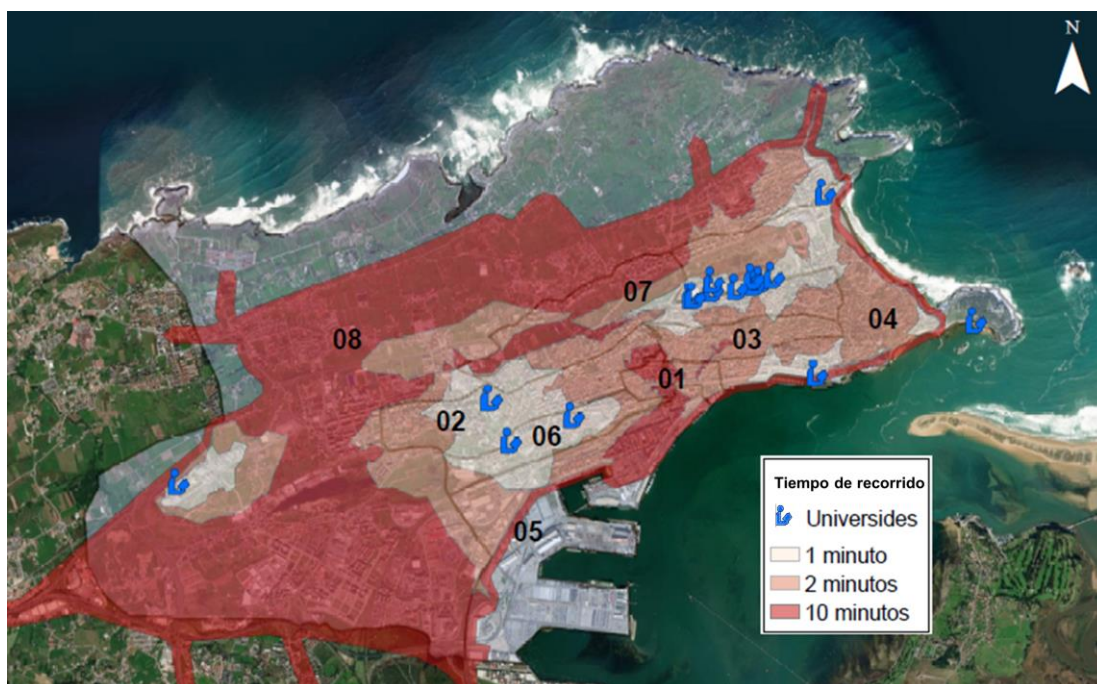


Ilustración 65. Área de servicio de las universidades antes y después de la aplicación de las políticas urbanas

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los colegios públicos, la accesibilidad a ellos no ha variado. Esto es debido a que, a diferencia de las universidades, se encuentran más distribuidos por los diferentes distritos del municipio, siendo más accesibles a pesar de haber modificaciones en la red vial.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

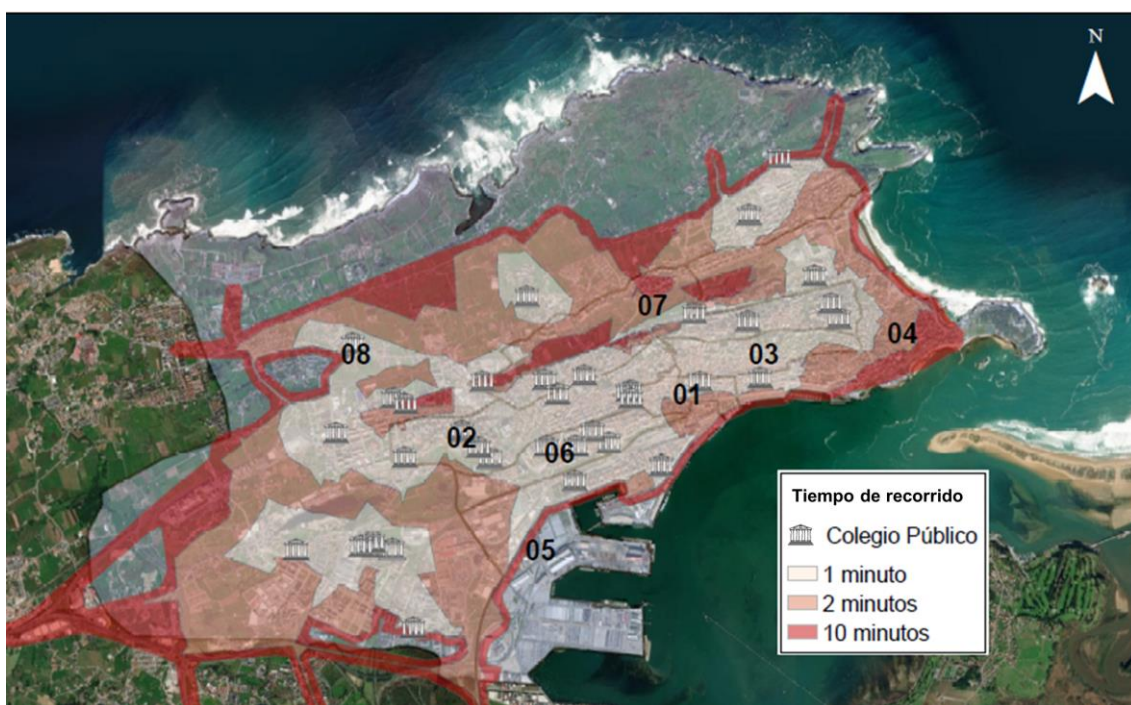
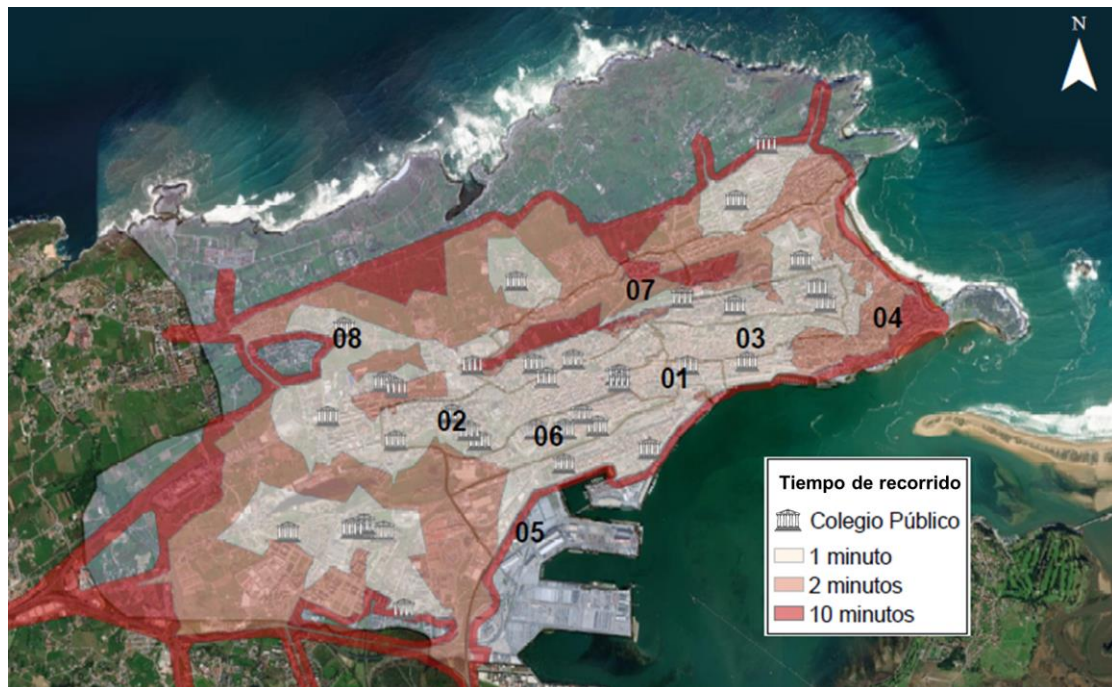


Ilustración 66. Área de servicio de los colegios públicos tras la aplicación de las políticas urbanas

Fuente: Elaboración propia

Para los equipamientos hospitalarios no se ha observado ninguna variación en la accesibilidad. La distribución que presentan en el municipio hace que los cambios generados en la red vial del centro urbano no afecten a la accesibilidad.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

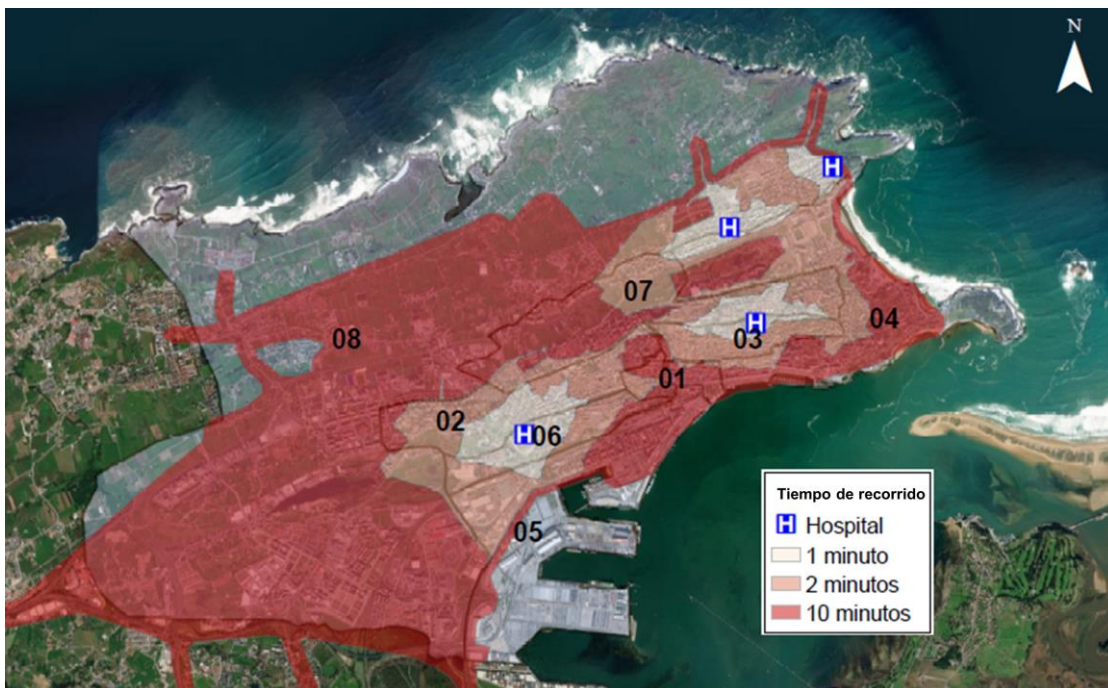
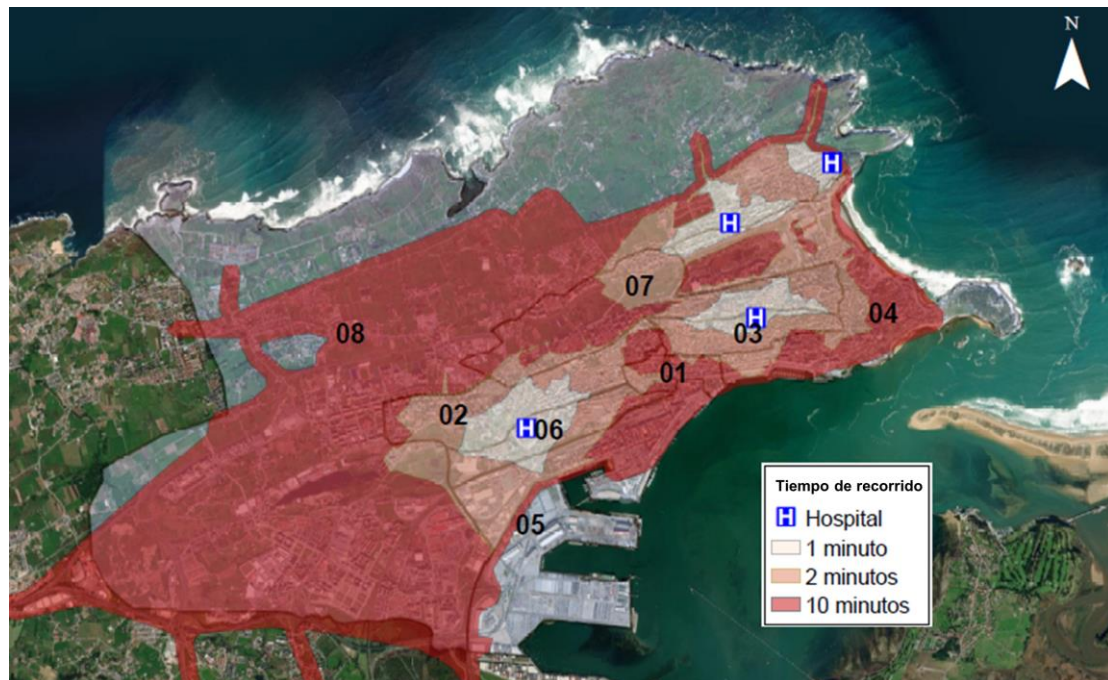


Ilustración 67. Área de servicio de los hospitales tras la aplicación de las políticas urbanas

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los equipamientos sanitarios diarios (centros de salud), la modificación de la red vial no implica una reducción de la accesibilidad a dichos equipamientos. Esto es debido a que presentan una distribución relativamente homogénea por el distrito.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

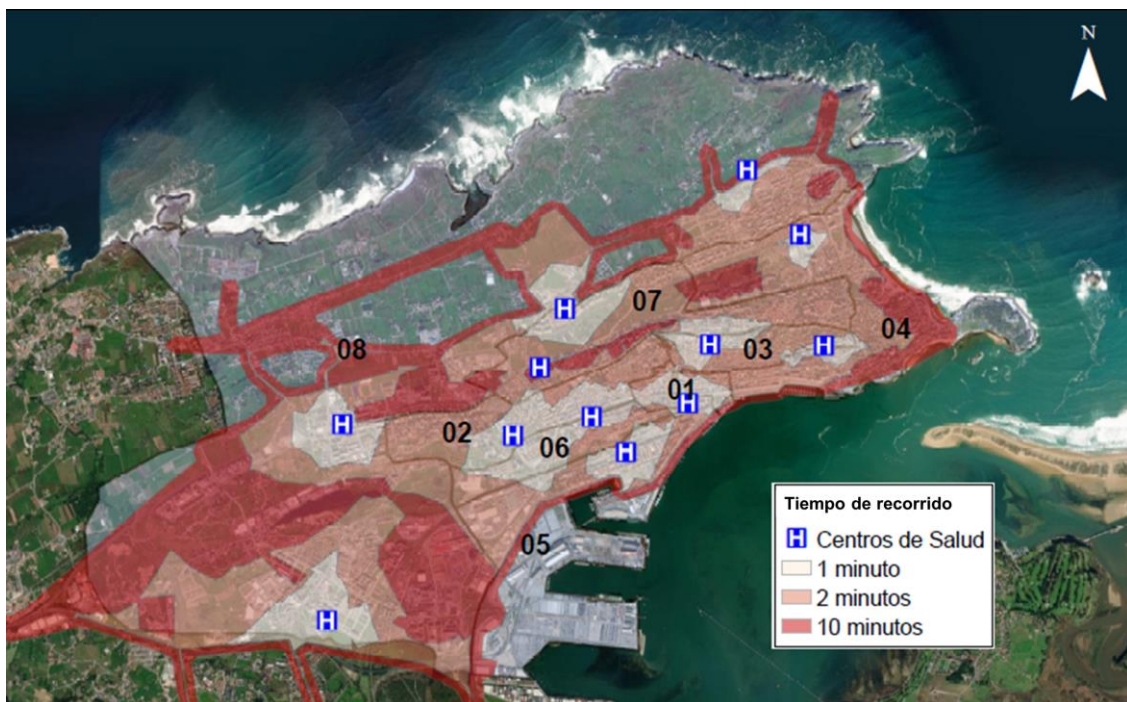
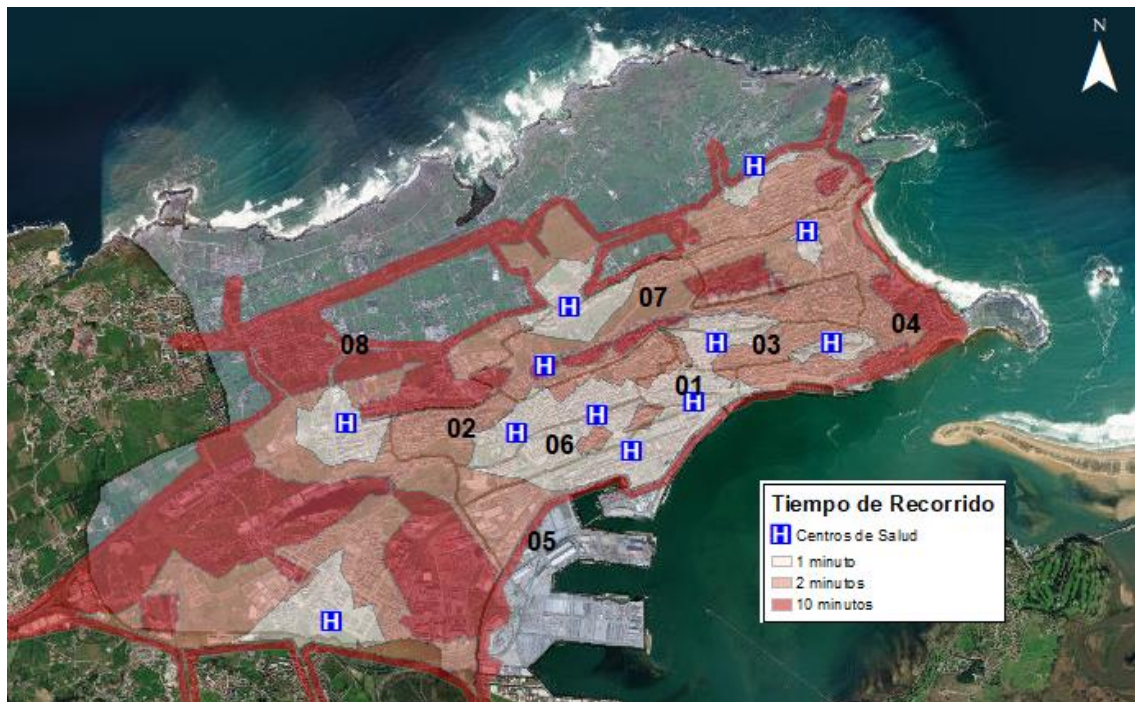


Ilustración 68. Área de servicio de los centros de salud tras la aplicación de las políticas urbanas

Fuente: Elaboración propia

Tras la aplicación de las políticas urbanas en la modificación de la red vial, se puede comprobar cómo la accesibilidad hacia los principales equipamientos de la ciudad no varía. Esto también es justificable ya que los vehículos autónomos reducen considerablemente el número de vehículos en circulación, con la consecuente bajada en tiempos de espera por retenciones y mejorando la fluidez del tránsito.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

Con ello queda comprobado que la modificación de la red vial (reducción de velocidades y supresión de ciertas calles del centro urbano) no reducen la accesibilidad global de los principales equipamientos.

5.2.4 Densidad de zonas verdes

La introducción de los vehículos autónomos puede permitir que las grandes superficies destinadas a los grandes aparcamientos superficiales se conviertan en zonas verdes, junto con una revegetación de las calles peatonalizadas, lo que mejoraría enormemente esta dotación.

Con la introducción de los vehículos autónomos en la ciudad, esta propuesta de reconversión podría aumentar la dotación de zonas verdes del municipio en un 73,5% (Tabla 43) y alcanzarse un índice de densidad de zona verde de 14,3 m²/habitante, más adecuado a lo recomendado por el Ministerio de Fomento (Ministerio de Fomento, 2010).

TRABAJO FIN DE MÁSTER

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres



Ilustración 69. Nuevas zonas verdes creadas debido a la aplicación de las políticas urbanas.

Fuente: Elaboración propia.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

Son, sobre todo, los distritos 5, 7 y 8 donde se ha visto incrementado el espacio de zonas verdes debido a la gran superficie de los grandes aparcamientos reconvertidos, superándose con creces el 100% de mejora. Por otro lado, es el distrito 4 el que menor margen de mejora presenta, solo con un 15,6% (Distrito 4) respecto a la situación inicial.

Tabla 43. Índice de densidad de zona verde por habitante en el municipio de Santander tras la implantación de los VA

Distrito	Población	Área actual (m ²)	Área después (m ²)	Densidad actual (m ² /hab)	Densidad después (m ² /hab)	Incremento (%)
01	9.551	27520,0	49512,9	2,9	5,2	79,9
02	27.106	132506,4	156041,2	4,9	5,8	17,8
03	14.931	33173,7	58490,4	2,2	3,9	76,3
04	16.912	635569,3	734556,5	37,6	43,4	15,6
05	17.288	21957,6	98561,8	1,3	5,7	348,9
06	14.377	63395,3	87121,4	4,4	6,1	37,4
07	27.456	82640,3	328849,9	3,0	12,0	297,9
08	44.918	435585,0	972648,2	9,7	21,7	123,3
Total	172.539	1432347,7	2485782,2	8,3	14,4	73,5

Fuente: Elaboración propia.

Tras esta redistribución del espacio público, se ha observado cómo todos los distritos (a excepción del Distrito 3) que se encontraban con un mayor déficit de zonas verdes, superan los 4 m²/habitante marcados como requisito en el apartado 4.3.2. Esto demuestra que la implementación de los vehículos autónomos puede generar una reorganización de las zonas verdes. Los distritos que antes de la redistribución contaban con una densidad mayor de 8 m²/hab (distrito 4 y 8) han incrementado de manera mayor sus zonas verdes.

5.2.5 Aparcamientos disuasorios

Como se plantea en el PMUS de Santander, se ha considerado habilitar espacios para la creación de aparcamientos disuasorios, tanto periféricos como urbanos. En el documento, se plantea la creación de estos aparcamientos para favorecer el transporte público interno del municipio, combinando estas áreas de estacionamiento con una ampliación del transporte público, como es el caso del intercambiador de El Sardinero, junto al aparcamiento disuasorio.

Con la entrada del vehículo autónomo a la ciudad, estos aparcamientos disuasorios tienen un segundo uso en función de su localización. Para los localizados en el centro urbano, ya hemos comentado su opción de reconversión a zonas verdes o en algún caso a equipamientos, compatibilizándolo con su uso actual. Por otro lado, para los más periféricos, pueden reconvertirse en zonas de estacionamiento y carga de los vehículos autónomos.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

Actualmente, como aparcamiento disuasorio, solamente se encuentra en funcionamiento la zona de estacionamiento de El Sardinero. Pese a esto, el Ayuntamiento de Santander ha solicitado a la consejería de Obras Públicas la financiación mediante fondos europeos una serie de proyectos de construcción y ampliación para los aparcamientos de El Sardinero y La Marga. Esto demuestra el interés del Ayuntamiento de Santander por la construcción de este tipo de aparcamientos frente a otros proyectos. Como ejemplo, el nuevo aparcamiento de El Sardinero propone una zona de estacionamiento subterránea, contando con 12000 m² de superficie, albergando unas 800 plazas adicionales a las ya existentes.



Ilustración 70. Proyecto de ampliación de estacionamiento en El Sardinero y La Marga

Fuente: (El Diario Montañés, 2020)

Debido a que únicamente se plantea dos aparcamientos disuasorios urbanos en el municipio por parte del ayuntamiento de Santander, se propone crear las siguientes áreas de estacionamiento disuasorio propuestas en el PMUS de Santander:

- Entrada por la S-10
- Entrada por la S-20
- Entrada por Primero de Mayo

Con ello, se consigue crear una red de aparcamientos disuasorios, tanto urbanos como periféricos, donde se favorezca el uso del transporte público durante los próximos años, hasta la completa introducción de los vehículos autónomos. La creación de estos aparcamientos disuasorios deberá ser prioritaria para la inclusión de los vehículos autónomos compartidos en la planificación urbana, debido a que en estas áreas se comenzarán a almacenar los vehículos.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres



Ilustración 71. Propuesta de aparcamientos disuasorios

Fuente: Elaborado a partir de datos del Plan de Movilidad Urbana Sostenible de Santander (2010)

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

6 Conclusiones

Actualmente, gran parte de los vehículos disponen de sistemas de automatización que elevan el grado de autonomía a Nivel 2, debido a la implementación de los sistemas ADAS (Advanced Driver Assistance Systems), como son el sistema de crucero adaptativo, o la asistencia de carril. Debido a esta evolución, la automatización completa de la conducción cada año se encuentra más cerca, realizándose en países como Estados Unidos pruebas y ensayos con diferentes empresas, como Waymo o Tesla.

Se ha observado que los vehículos autónomos compartidos pueden afectar, mayoritariamente, de forma positiva al espacio urbano, devolviendo las infraestructuras viales al peatón (reducción de aparcamiento, peatonalización del centro urbano, disminuyendo el número de carriles en las ciudades, etc.), descongestionando las ciudades de vehículos y creando una red de transporte compartido mucho más sostenible y ecológica. Como modo de transporte compartido, la flota total de vehículos se puede ver reducida considerablemente. Esto, unido a la automatización que ofrece este modo de transporte, aporta beneficios ambientales y de seguridad vial, ya que reduce las emisiones de gases de efecto invernadero (incorporación de motores eléctricos) y los accidentes en un 90% (Hawkins & Nurul Habib, 2018).

Por otro lado, la automatización de los automóviles puede provocar una deslocalización completa de los centros urbanos a favor de zonas de baja densidad de población. Esta dispersión urbana puede darse ya que uno de los principales inconvenientes, como es el tiempo de viaje, se convierte en tiempo útil para el usuario, debido a que puede realizar otras tareas mientras que se desplaza. Esto, a su vez, puede favorecer a las zonas rurales más alejadas de las ciudades, donde podrían revertir la situación actual de deslocalización rural.

La literatura científica existente hasta la fecha respalda que la implementación de los vehículos autónomos implicará un beneficio social, económico y ambiental en las ciudades y las zonas rurales, siempre y cuando este sistema sea compartido. Si la implementación de este modo de transporte se realiza mayoritariamente con uso privado, puede ocasionar mayores problemas de congestión y saturación de la red vial, debido al incremento de vehículos que puede suponer, junto con un impulso mayor a la dispersión urbana. Es por ello que, la regulación del uso de los VA, así como la definición de los objetivos de planificación para alcanzar ciudades deseables, habitables y atractivas va a ser fundamental.

En las ciudades españolas, la planificación urbana sobre la implementación de los vehículos autónomos es inexistente. En otros países, como Estados Unidos, pese a que no han comenzado a concretar medidas urbanas por consecuencia de la implementación de los vehículos autónomos, sí que se mencionan los posibles impactos que pueden tener dentro de sus planes de movilidad. Esta falta de actuación se basa en muchas ocasiones en la falta de conocimiento por parte de los planificadores y decisores políticos tanto de las posibles repercusiones como de las políticas a aplicar. Por ello, desde el mundo académico se comienzan a producir estudios para ayudar a comprender estos impactos y políticas de actuación, aunque en pocas ocasiones centrados en casos concretos.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

Santander se encuentra en el momento idóneo para introducir en su planificación urbana la previsión de la implementación de los vehículos autónomos, ya que el nuevo Plan General de Ordenación Urbana está actualmente en fase de revisión. Estos planes se crean bajo un horizonte temporal de 12 años, pero suelen permanecer vigentes durante mayor tiempo (en Santander está aún vigente el PGOU de 1997), por lo que la vigencia de esta nueva revisión coincidiría con la llegada de los vehículos autónomos.

En base a las políticas urbanas sugeridas en uno de los pocos artículos sobre políticas urbanas de movilidad (Vitale et al., 2021), se han establecido tres criterios principales para el estudio de la implementación de políticas urbanas en la planificación. Estos criterios son la peatonalización de las zonas con un mayor número de equipamientos y comercios, modificación de la red vial y creación de espacios verdes. Además, se ha establecido y estimado un conjunto de cinco indicadores para poder analizar los efectos y cuantificar el impacto urbanístico que supone la implementación de las políticas urbanas relativas a los vehículos autónomos. Los resultados obtenidos del estudio de la implementación de las políticas urbanas mediante el software ArcGIS en el municipio de Santander son los siguientes:

- Tras modificar la red viaria con cambios en la velocidad de la red y la peatonalización de ciertas calles de las secciones censales que albergan al menos 25 equipamientos, se ha comprobado que la diferencia de accesibilidad a los equipamientos no varía mucho. Es decir, la accesibilidad desde los puntos centrales de las secciones censales de los ocho distritos de las ciudades a los equipamientos sanitarios, educativos, comerciales o zonas verdes apenas se ha visto disminuida, y en algunos casos, se ha visto aumentada (Tabla 42). Esto demuestra que la peatonalización de la ciudad no supone un obstáculo en la accesibilidad mediante cualquier modo de transporte para los viajes que deban cruzar el centro urbano. Para el Distrito 1, la peatonalización de su espacio urbano supone que la infraestructura viaria para el peatón supere el 65% recomendable marcado por el Ministerio de Fomento, todo ello sin afectar a la accesibilidad de los equipamientos cercanos en vehículo.
- En cuanto a las áreas de servicio desde los equipamientos principales (hospitales, universidades, centros de salud y colegios públicos), la modificación de la red viaria no reduce las áreas de influencia de dichos equipamientos. Esto se consigue gracias al equilibrio de que dispone la red que, pese a haber sido modificada reduciendo las velocidades, la reducción de vehículos en número aumenta el flujo de circulación, disminuyendo las posibilidades de atasco (aumentando la velocidad libre de circulación).
- En cuanto a las zonas verdes, la introducción de los vehículos autónomos supone una de las mayores ventajas para el desarrollo ecológico y sostenible del municipio. Santander se encontraba con un índice de densidad de zonas verdes de 8,3 m²/hab, siendo ligeramente más bajo que el índice de sostenibilidad marcado por el Ministerio de Fomento (2010) (en torno a 10 m²/hab). La introducción de los vehículos autónomos en las ciudades permite principalmente la revegetación de las calles donde se puede reducir el número de carriles, y donde se puede eliminar el estacionamiento adyacente debido a que los vehículos autónomos

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

únicamente necesitan de grandes zonas de aparcamientos en las afueras de las ciudades. Con ello, las grandes zonas de aparcamiento superficiales que hay en la ciudad, junto con una serie de políticas para acondicionar parcelas edificables que no se encuentran edificadas, permite incrementar la densidad de las grandes zonas verdes de Santander hasta 14,4 m²/hab. Esto consigue que los distritos 5, 7 y 8 aumenten en más de un 100% su densidad de zonas verdes. En los distritos centrales (1, 2, 3 y parte del distrito 4), al no disponer de suficiente espacio para conseguir una zona verde, su incremento es más reducido, aunque se ve compensado por la revegetación que tendría por la eliminación del estacionamiento urbano y la peatonalización de la ciudad, pudiendo superar el mínimo marcado en 4 m²/hab.

A la luz de estos resultados obtenidos, se concluye que el conjunto de medidas para la planificación urbana considerando la introducción de los vehículos autónomos en el municipio de Santander facilitarán y mejorarán la vida de los ciudadanos, particularmente la de aquellos residentes en los distritos centrales. Estos distritos modificarán su planificación orientada a la movilidad del vehículo privado, con estacionamientos superficiales, ruido, tráfico, etc. dando paso a grandes zonas peatonales revegetadas, con acceso cercano a grandes superficies vegetadas.

Del análisis de estas políticas se deduce que una primera aproximación para la implementación total del vehículo autónomo consiste en el fomento del transporte público y la movilidad activa. Asimismo, resulta esencial alcanzar la total adaptación del centro urbano a este nuevo modo de transporte de forma progresiva, lo cual permitirá dotar al municipio de Santander de una mayor proporción de espacios verdes y áreas peatonales.

El ejercicio de revisión y aplicación realizado en este trabajo constituye un paso más como guía útil y eficaz para que los municipios comiencen a recoger medidas de planificación y reordenación del espacio urbano ante la llegada de los vehículos autónomos dentro de su propia planificación, dado que, como se ha visto durante la redacción del presente documento, la literatura científica y los organismos competentes apenas han desarrollado o considerado este tipo de actuaciones tan necesarias para avanzar a un futuro deseable.

7 Referencias

- 20 Minutos. (6 de Marzo de 2018). *20 Minutos, Motor y Movilidad*. Recuperado el 30 de Septiembre de 2020, de <https://www.20minutos.es/noticia/2825372/0/clasificiacion-coches-autonomos/?autoref=true>
- AENA. (2020 a). *Estadísticas de tráfico aéreo*. Recuperado el 30 de Marzo de 2021, de <http://www.aena.es/csee/Satellite?pagename=Estadisticas/Home>
- AENA. (2020 b). *SB Santander Airport 2019-2020*. Santander: AENA. Recuperado el 30 de Marzo de 2021, de <http://www.aena.es/csee/ccurl/119/351/Santander%20Airport%202019%20%20C2%B7%202020%20web.pdf>
- AENA. (2021). *Compañías aéreas en el aeropuerto Seve Ballesteros-Santander*. Recuperado el 30 de Marzo de 2021, de <http://aena.mobi/m/es/aeropuerto-santander/companias-aereas.html>
- Alessandrini, A., Campagna, A., Delle Site, P., Filippi, F., & Persia, L. (2015). Automated Vehicles and the Rethinking of Mobility and Cities. *Transportation Research Procedia*, 5, 145-160. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2015.01.002>
- Anderson, J. M., Kalra, N., Stanley, K. D., Sorensen, P., Samaras, C., & Oluwatola, O. A. (2014). *Autonomous vehicle technology: A guide for policymakers*. Rand Corporation. doi:<https://doi.org/10.7249/RR443-2>
- Arnaout, G., & Arnaour, J.-P. (2014). Exploring the effects of cooperative adaptive cruise control on highway traffic flow using microscopic traffic simulation. *Transportation Planning and Technology*, 37, 186-199. doi:<https://doi.org/10.1080/03081060.2013.870791>
- Arnaout, G., & Bowling, S. (2011). Towards reducing traffic congestion using cooperative adaptive cruise control on a freeway with a ramp. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 4, 699-717. doi: 10.3926/jiem.344
- Aşilioğlu, F., & Duygu Çay, R. (2020). Determination of Quality Criteria of Urban Pedestrian Spaces. *Architecture, City and Environment*, 44. doi:<http://dx.doi.org/10.5821/ace.15.44.9297>
- Austin Government. (2017). *Smart Mobility Roadmap: Austin's approach to shared, electric and autonomous vehicle technologies*. Austin, Texas: Austin Government.
- AutoEvolution.com. (31 de Mayo de 2017). *Automated Valet Parking Robot Shows Why We Need Self-Driving Cars*. Recuperado el 18 de Febrero de 2021, de <https://www.autoevolution.com/news/automated-valet-parking-robot-shows-why-we-need-self-driving-cars-118266.html#>

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

- AutoExpress. (14 de Junio de 2018). *Tesla Autopilot explained: what is it, and is it safe?* Recuperado el 25 de Octubre de 2020, de <https://www.autoexpress.co.uk/tesla/96682/tesla-autopilot-explained-what-is-it-and-is-it-safe>
- Ayuntamiento de Bilbao. (2018). *Plan de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS) 2015-2030 de la Villa de Bilbao*. Bilbao: Ayuntamiento de Bilbao. Obtenido de <https://pmus.bilbao.eus/wp-content/uploads/2016/10/PMUS-Plan-de-Movilidad-Urbana-Sostenible-de-Bilbao.pdf>
- Ayuntamiento de Santander. (1997). *Plan General de Ordenación Urbana de Santander*. Santander: Ayuntamiento de Santander.
- Ayuntamiento de Santander. (2010). *Plan de Movilidad Sostenible de Santander*. Santander: Ayuntamiento de Santander.
- Ayuntamiento de Santander. (2012). *Memoria Informativa del Plan General de Ordenación Urbana de Santander*. Santander: Ayuntamiento de Santander.
- Ayuntamiento de Santander. (4 de Julio de 2013). *Santander Datos Abiertos*. Recuperado el 3 de Enero de 2021, de <http://datos.santander.es/>
- Ayuntamiento de Santander. (29 de Diciembre de 2017). *MetroTus: Información y características*. Recuperado el 20 de Abril de 2021, de <https://santander.es/noticia/metrotus-informacion-caracteristicas>
- Ayuntamiento de Santander. (2020). *Consulta pública ciudadana previa a la revisión del PGOU de Santander. Memoria y Conclusiones*. Santander: Ayuntamiento de Santander.
- Ayuntamiento de Santander. (2021). *Plano de zonas OLA*. Obtenido de <http://ola-santander.com/es/planos/plano-general>
- azcentral.com. (2021). *A slashed tire, a pointed gun, bullies on the road: Why do Waymo self-driving vans get so much hate?* Recuperado el 20 de Junio de 2021, de <https://eu.azcentral.com/story/money/business/tech/2018/12/11/waymo-self-driving-vehicles-face-harassment-road-rage-phoenix-area/2198220002/>
- Boston Transportation Department. (2017). *Go Boston 2030 Vision and Action*. Boston: Boston Transportation Department.
- Capital Economía. (13 de Mayo de 2019). *Capital Economía*. Recuperado el 30 de Septiembre de 2020, de <https://www.capital.es/2019/05/13/crece-el-interes-del-consumidor-por-el-vehiculo-autonomo/>
- Cavoli, C., Phillips, B., Cohen, T., & Jones, P. (2017). *Social and behavioural questions associated with Automated Vehicles. A Literature Review*. London: UCL Transport Institute.

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

- Childress, S., Coe, S. E., & Nichols, B. G. (2015). Using an Activity-Based Model to Explore the Potential Impacts of Automated. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, 2493, 99-106. doi:<https://doi.org/10.3141/2493-11>
- Coches.com. (18 de Julio de 2009). Recuperado el 2 de Octubre de 2020, de <https://noticias.coches.com/noticias-motor/que-es-el-control-de-velocidad-adaptativo/3833>
- Cohen, T., & Cavoli, C. (2018). Automated vehicles: exploring possible consequences of government (non)intervention for congestion and accessibility. *Transport Review*, 129-151. doi:<https://doi.org/10.1080/01441647.2018.1524401>
- Costa, J. (2006). Medios de transporte, movilidad y cambio urbano. Reflexiones desde la pintura (1900-1939). *Scripta Nova*, X(218), -.
- Crute, J., Riggs, W., Chapin, T., & Stevens, L. (2018). *Planning for Autonomous Mobility*. Chicago: American Planning Association.
- DBus. (2021). *Historia de la compañía*. Recuperado el 3 de Abril de 2021, de <https://www.dbus.eus/es/la-compania/historia/>
- De Turck, J. (15 de Noviembre de 2017). *The European Truck Platooning Challenge: Transforming Europe's Road Transport on Autopilot*. Recuperado el 15 de Agosto de 2020, de <https://digital.hbs.edu/platform-rctom/submission/the-european-truck-platooning-challenge-transforming-europes-road-transport-on-autopilot/>
- DGCI. (14 de Febrero de 2020). *Nuro R2, el primer vehículo de reparto sin conductor legalizado en EE.UU.* Recuperado el 2 de Marzo de 2021, de <http://www.dgcinternacional.com/noticias/visualizar.php?id=6366>
- Dirección General de Tráfico. (2018). *Las principales cifras de la siniestralidad vial*. Recuperado el 18 de Julio de 2020, de http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/publicaciones/principales-cifras-siniestralidad/Las-principales-cifras-2018-ampliado-Internet_v2.pdf
- Dresner, K., & Stone, P. (2008). A multiagent approach to autonomous intersection management. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 591-656. doi:10.1613/jair.2502
- El Diario Montañés. (1 de Diciembre de 2011). *Ya está en marcha el estudio sobre nuevas calles peatonales en el centro de la ciudad*. Recuperado el 16 de Febrero de 2021, de <https://www.eldiariomontanes.es/v/20111201/cantabria/otras-noticias/esta-marcha-estudio-sobre-20111201.html>
- El Diario Montañés. (17 de Octubre de 2018 a). *La nueva estación unificada de tren será 3.800 metros más grande que la actual*. Recuperado el 9 de Marzo de 2021, de

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

<https://www.eldiariomontanes.es/santander/nueva-estacion-unificada-20181017210427-ntvo.html>

El Diario Montañés. (1 de Octubre de 2018 b). *El MetroTUS ha sido un fracaso total*. Recuperado el 20 de Abril de 2021, de <https://www.eldiariomontanes.es/santander/metrotus-fracaso-total-20181001231240-ntvo.html>

El Diario Montañés. (30 de Noviembre de 2020). *Santander da prioridad a los aparcamientos disuasorios en su petición de fondos europeos*. Recuperado el 16 de Junio de 2021, de <https://www.eldiariomontanes.es/santander/santander-prioridad-aparcamientos-20201130191730-ntvo.html>

El Tomavistas de Santander. (19 de Junio de 2013). *Una cebra en la calle Lealtad*. Recuperado el 16 de Febrero de 2021, de <https://eltomavistasdesantander.com/2013/06/19/una-cebra-en-la-calle-lealtad/>

ElDiario.es. (27 de Marzo de 2021). *Las obras del AVE de Palencia a Cantabria comenzarán este verano y a final de año habrá 43 kilómetros en ejecución*. Recuperado el 28 de Marzo de 2021, de https://www.eldiario.es/cantabria/ultimas-noticias/obras-ave-palencia-cantabria-comenzaran-verano-final-ano-habra-43-kilometros-ejecucion_1_7353964.html

EMTA. (2015). *EMTA Barometer 2015*. Madrid: Consorcio de Transportes de Madrid.

EMTA. (2020). *EMTA Barometer 2018*. Madrid: Consorcio de Transportes de Madrid.

Eurostat. (21 de Septiembre de 2020). *Median age of population, 2009 and 2019 (years)*. Recuperado el 20 de Febrero de 2021, de [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Median_age_of_population,_2009_and_2019_\(years\).png](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Median_age_of_population,_2009_and_2019_(years).png)

Fagnant, D. J., & Kockelman, K. (2015). Preparing a nation for autonomous vehicles: opportunities, barriers and policy recommendations. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 77, 167-181. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.04.003>

Fagnant, D., & Kockelman, K. (2014). The travel and environmental implications of shared autonomous vehicles, using agent-based model scenarios. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 40, 1-13. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trc.2013.12.001>

Ferreira, A., von Schönfeld, K. C., Tan, W., & Papa, E. (2020). Maladaptive Planning and the Pro-Innovation Bias: Considering the Case of Automated Vehicles. *Urban Science*, 41. doi:10.3390/urbansci4030041

Fraedrich, E., Heinrichs, D., Bahamonde-Birke, F., & Cyganski, R. (2018). Autonomous driving, the built environment and policy implications. *Transportation Research*

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

Part A: Policy and Practice, 122, 162-172.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.02.018>

Freemark, Y., Hudson, A., & Zhao, J. (2019). Are Cities Prepared for Autonomous Vehicles? *Journal of the American Planning Association*, 133-151.
doi:10.1080/01944363.2019.1603760

Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting and Social Change*, 114, 254-280.

Fulton, L., Mason, J., & Meroux, D. (2017). *Three Revolutions in urban transportation*. Institute of Transportation & Development Policy.

G.I.S.T. (Grupo de Investigación de Sistemas de Transporte). (2013). *Estudio de Seguimiento e Indicadores del Plan de Movilidad Sostenible de Santander, 2010-2013*. Santander: Universidad de Cantabria.

Gelauff, G., Ossokina, I., & Teulings, C. (2019). Spatial and welfare effects of a automated driving: Will cities grow, decline or both? *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 277-294. doi:10.1016/j.tra.2019.01.013

Gobierno de Cantabria. (30 de Marzo de 2021). *Mapas de Cantabria*. Recuperado el 30 de Marzo de 2021, de <http://mapas.cantabria.es/>

Gobierno de Cantabria. (2021). *Transporte de Cantabria*. Recuperado el 30 de Marzo de 2021, de http://www.transportedecantabria.es/web/guest/home?p_p_id=Busquedas_WAR_DGTCBusquedaR_INSTANCE_Unrj&p_p_lifecycle=1&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-10&p_p_col_count=1&_Busquedas_WAR_DGTCBusquedaR_INSTANCE_Unrj_com.sun.faces.portlet.VIEW_I

González Marroquín, V. M. (2014). *Estudio del crecimiento urbano disperso en España mediante el uso de los sistemas de información geográfica: Tres ensayos*. Oviedo: Universidad de Oviedo. Obtenido de http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/31437/TD_VictoManuelGonzalezMarroquin.pdf;jsessionid=5BD2BDF46415002CCEDA950DC3546467?sequence=1

Gonzalez-Gonzalez, E., Nogués, S., & Stead, D. (2018). Automated vehicles and the city of tomorrow: A backcasting approach. *Cities*, 94, 153-160.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.05.034>

González-González, E., Nogués, S., & Stead, D. (2020). Parking futures: Preparing European cities for the advent of automated vehicles. *Land Use Policy*, 91, 104010. doi:<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.05.029>

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

- Government Technology. (27 de Febrero de 2020). *City Workers to Test Self-Driving Shuttles in California*. Recuperado el 3 de Septiembre de 2020, de <https://www.govtech.com/fs/City-Workers-to-Test-Self-Driving-Shuttles-in-California.html>
- Guppy. (2021). *Guppy en Cantabria*. Recuperado el 24 de Marzo de 2021, de <https://www.guppy.es/cantabria/>
- Hawkins, J., & Nurul Habib, K. (2018). Integrated models of land use and transportation for the autonomous vehicle revolution. *Transport Reviews*, 39, 66-83. doi:<https://doi.org/10.1080/01441647.2018.1449033>
- Heinrichs, D. (2016). Autonomous Driving and Urban Land Use. *Autonomous Driving*, 213-231. doi:[10.1007/978-3-662-48847-8_11](https://doi.org/10.1007/978-3-662-48847-8_11)
- ICANE. (2011). *Explotación Estadística: Padrón Municipal de Habitantes (Cantabria 2011)*. Santander: ICANE. Obtenido de https://www.icane.es/c/document_library/get_file?uuid=0643d010-62e3-4bc4-8d4b-fa9bfd72442d&groupId=10138
- ICANE. (Diciembre de 2012 a). *Transporte de viajeros en FEVE según tramo de recorrido*. Recuperado el 30 de Marzo de 2021, de <https://www.icane.es/data/rail-traffic-travelers-route/results>
- ICANE. (Diciembre de 2012 b). *Transporte de viajeros y mercancías excepto tránsito*. Recuperado el 25 de Marzo de 2021, de <https://www.icane.es/data/rail-traffic-travelers-merchandises-excluding-transit#timeseries>
- ICANE. (30 de Enero de 2019 a). *Áreas y zonas demográficas*. Obtenido de <https://www.icane.es/territory-environment/territory#subsection>
- ICANE. (1 de Enero de 2019 b). *Población por sexo y municipio*. Recuperado el 2 de Enero de 2021, de <https://www.icane.es/data/municipal-register-gender-municipality/results>
- ICANE. (2019 c). *Proyecciones de Población de los municipios de Cantabria 2019-2039*. Santander: ICANE. Recuperado el 20 de Enero de 2020, de <https://www.icane.es/population/population-figures>
- ICANE. (2019 d). *Padrón Municipal de Habitantes Cantabria 2019*. Obtenido de https://www.icane.es/c/document_library/get_file?uuid=e3c57cd2-affb-494b-b590-e910f5c10a09&groupId=10138#4_1
- ICANE. (3 de Diciembre de 2020). *Empresas y establecimientos por actividad principal y estrato de asalariados de la empresa en Cantabria, forma jurídica y ubicación de la empresa*. Obtenido de <https://www.icane.es/data/companies-directory-cantabria-activity-employment-legal-form-location#timeseries>

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

- ICANE. (26 de Enero de 2021 a). *Viajeros, pernoctaciones y estancia media según procedencia y zonas*. Recuperado el 20 de Febrero de 2021, de <https://www.ican.es/data/travelers-overnight-stays-average-stays-origin-areas#timeseries>
- ICANE. (28 de Enero de 2021 b). *Población por grandes grupos de edad y sexo*. Obtenido de <https://www.ican.es/data/municipal-register-large-age-group-gender#timeseries>
- Idealista.es. (2020). *Evolución del precio de la vivienda en venta en Santander*. Recuperado el 3 de Enero de 2021, de <https://www.idealista.com/sala-de-prensa/informes-precio-vivienda/venta/cantabria/cantabria/santander/>
- International Transport Forum. (2015). *Urban mobility: System upgrade*.
- KPMG. (8 de Julio de 2020). *2020 Autonomous Vehicles Readiness Index*. Recuperado el 12 de Octubre de 2020, de https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/es/pdf/2020/07/2020_KPMG_Autonomous_Vehicles_Readiness_Index.pdf
- Legacy, C., Ashmore, D., Scheurer, J., Stone, J., & Curtis, C. (2018). Planning the driverless city. *Transport Reviews*, 84-102. doi:10.1080/01441647.2018.1466835
- Legêne, M. F., Auping, W. L., Homem de Almeida Correia, G., & Van Arem, B. (2020). Spatial impact of automated driving in urban areas. *Journal of Simulation*, 295-303. doi:<https://doi.org/10.1080/17477778.2020.1806747>
- LKS Next. (2020). *Código ético de los coches autónomos*. Recuperado el 22 de Noviembre de 2020, de <http://www.thinkuplks.eus/codigo-etico-de-los-coches-autonomos/>
- Loginews. (14 de Enero de 2016). *Copcisa se adjudica la construcción de una rampa flotante en Santander*. Recuperado el 24 de Marzo de 2021, de <https://noticiaslogisticaytransporte.com/transporte/14/01/2016/copcisa-se-adjudica-la-construccion-de-una-rampa-flotante-en-santander/67717.html>
- Los Angeles Department of Transportation. (2016). *Urban Mobility in a Digital Age*. Los Angeles: Los Angeles Department of Transportation.
- Milakis, D., Snelder, M., van Arem, B., van Wee, B., & Correia, G. H. (2017). Development and transport implications of automated vehicles in the Netherlands: scenarios for 2030 and 2050. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 17, 63-85. doi:10.18757/ejtir.2017.17.1.3180
- Milakis, D., Van Arem, B., & Van Wee, B. (2017). Policy and society related implications of automated driving: A review of literature and directions for future research. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 324-348. doi:<https://doi.org/10.1080/15472450.2017.1291351>

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2012). *Libro Verde de Sostenibilidad Urbana y Local en la Era de la Información*. Madrid: Gobierno de España.
- Ministerio de Derecho Sociales y Agenda 2030. (2020). *Objetivos de la Agenda 2030*. Recuperado el 19 de Julio de 2020, de <https://www.agenda2030.gob.es/objetivos/home.htm>
- Ministerio de Fomento. (2010). *Sistema Municipal de Indicadores de Sostenibilidad*. Gobierno de España.
- Ministerio de Fomento. (2011). *Estrategia Española de Sostenibilidad Urbana y Local*. Gobierno de España.
- Ministerio de Fomento. (2018). *Plan de Innovación para el Transporte y las Infraestructuras*. Madrid: Gobierno de España.
- Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana. (2019). *Plan de Acción de la AGE*. Gobierno de España.
- Motor.es. (19 de Diciembre de 2016). *Google Waymo: un prototipo de coche autónomo basado en el Chrysler Pacifica*. Recuperado el 13 de Abril de 2021, de <https://www.motor.es/noticias/google-waymo-coche-autonomo-201632625.html>
- NACTO. (2019). *Blueprint for Autonomous Urbanism: Second Edition*. New York: NACTO.
- Nogués, S., González-González, E., & Cordera, R. (2020). New urban planning challenges under emerging autonomous mobility: evaluatin backcasting scenarios and policies through an expert survey. *Land use Policy*, 95, 104652. doi:10.1016/j.landusepol.2020.104652
- Nourinejad, M., Bahrami, S., & Roorda, M. J. (2017). Designing parking facilities for autonomous vehicles. *Transportation Research Part B: Methodological*, 109, 110-127. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trb.2017.12.017>
- Parlamento de Cantabria. (04 de Julio de 2001). *Notas Jurídicas*. Obtenido de https://noticias.juridicas.com/base_datos/CCAA/ct-l2-2001.t1.html
- Puertos del Estado. (2021). *Estadística mensual de Puertos del Estado*. Recuperado el 30 de Marzo de 2021, de http://www.puertos.es/es-es/estadisticas/Paginas/estadistica_mensual.aspx
- PWC. (2017). *Una mirada al futuro. ¿Cómo cambiará el orden económico mundial para el 2050?* PricewaterhouseCoopers.
- Russo, A., & Cirella, G. T. (2018). Modern Compact Cities: How Much Greenery Do We Need? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15, 2180. doi:10.3390/ijerph15102180

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

- SAE - Society of Automobile Engineers. (2020). *Society of Automobile Engineers*. Recuperado el 17 de 7 de 2020, de <https://www.sae.org/>
- Saghir, C., & Sands, G. (2020). Realizing the Potential of Autonomous Vehicles. *Planning Practice & Research*, 35, 267-282. doi:<https://doi.org/10.1080/02697459.2020.1737393>
- Seattle Department of Transportation. (2016). *New Mobility Playbook, Appendix C: Preliminary Automated Mobility Policy Framework*. Seattle: Seattle Department of Transportation.
- Sehinc.com. (25 de Julio de 2018). *Driverless Vehicles Set to Change the Way We Design Our Roadways?* Recuperado el 26 de Marzo de 2021, de <https://www.sehinc.com/news/future-what-do-driverless-cars-mean-road-design>
- Soteropoulos, A., Bergera, M., & Ciarib, F. (2019). Impacts of automated vehicles on travel behaviour and land use: an international review of modelling studies. *Transport Reviews*, 39, 29-49. doi:<https://doi.org/10.1080/01441647.2018.1523253>
- Soto, J. L. (28 de Agosto de 2020). *El País Motor*. Recuperado el 19 de Septiembre de 2020, de <https://motor.elpais.com/actualidad/donde-estan-los-coches-mas-viejos-de-europa/#:~:text=El%20parque%20automovil%C3%ADstico%20de%20Espa%C3%B1a,6%2C4%20a%C3%B1os%20de%20Luxemburgo.&text=Los%20coches%20de%20m%C3%A1s%20de,coches%20m%C3%A1s%20viejos%20de%20Eu>
- Staricco, L., Vitale Brovarone, E., & Scudellari, J. (2020). Back from the future. A backcasting on autonomous vehicles in the real city. *TeMA - Journal of Land Use, Mobility and Environment*, 209-228. doi:10.6092/1970-9870/6974
- Stead, D., & Vaddadi, B. (2019). Automated vehicles and how they may affect urban form: A review of recent scenario studies. *Cities*, 92, 125-133. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.03.020>
- Tesla. (s.f.). *Tesla Autopilot*. Recuperado el 12 de Octubre de 2020, de https://www.tesla.com/es_ES/autopilot
- TUS. (1 de Octubre de 2020). *Consulta la Red de líneas de Santander*. Recuperado el 24 de Marzo de 2021, de <http://www.tusantander.es/red-lineas>
- TusBic. (2021). *Estaciones TusBic*. Recuperado el 24 de Marzo de 2021, de <http://www.tusbic.es/Estaciones/Santander>
- Universidad Autónoma de Madrid. (13 de Enero de 2020). *Universidad Autónoma de Madrid*. Recuperado el 5 de Noviembre de 2020, de <https://www.uam.es/UAM/BUS-AUTONOMO-UAM-2020/1446795199280.htm>

“Políticas urbanas adaptadas a la implantación de los vehículos autónomos”

Antonio Jesús Milla Torres

- Vía Michelin. (20 de Febrero de 2021). *Aparcamientos Santander*. Obtenido de <https://www.viamichelin.es/web/Aparcamientos/Aparcamientos-Santander-39001-Cantabria-Espana>
- Vitale Brovarone, E., Scudellari, J., & Staricco, L. (2021). Plannig the transition to autonomous driving: A policy pathway towards urban liveability. *Cities*, 102996. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102996>
- Waymo. (22 de Septiembre de 2020). *Informe de seguridad de Waymo*. Recuperado el 12 de Octubre de 2020, de <https://storage.googleapis.com/sdc-prod/v1/safety-report/2020-09-22-safety-report.pdf>
- Wikipedia. (13 de Agosto de 2012). Recuperado el 25 de Marzo de 2021, de https://es.wikipedia.org/wiki/Suburbio#/media/Archivo:Rio_Rancho_Sprawl.jpg
- Wikipedia. (11 de Febrero de 2017). *Tranvía de Vitoria*. Recuperado el 5 de Diciembre de 2020, de https://es.m.wikipedia.org/wiki/Tranv%C3%ADa_de_Vitoria